tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 42 - nr. 5 - 1977

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, Leidschendam. Gironummer 94746 t.n.v.
Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

Het Genootschap stelt zich ten doel in Nederland en de Overzeese Rijksdelen de wetenschappelijke ontwikkeling en de toepassing van de elektronica en de radio in de ruimste zin te bevorderen.

Lidmaatschap

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat -behoudens ballotage- open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl. 45,--.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 45,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE EXAMENS

De examens door het Genootschap ingesteld en afgenomen zijn:

a. op lager technisch niveau:"Elektronica monteur NERG"
b. op middelbaar technisch niveau: Middelbaar Elektronica Technicus NERG"

Brochures waarin de exameneisen en het examenreglement zijn opgenomen kunnen schriftelijk worden aangevraagd bij de Administratie van de Examencommissie.

Voor deelname en inlichtingen wende men zich tot de Administratie van de Examencommissie NERG, Genemuidenstraat 279, den Haag, gironummer 6322 te den Haag.

Meetinstrumenten en meetmethoden

Ir. C.M.J. Gommers
Medewerker van het Nederlands Scheepsbouwkundig
Proefstation te Wageningen

Review of measuring instruments and methods in use at the Netherlands Ship Model Basin, Wageningen.

INLEIDING

Het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation is een dienstverlenend instituut op wetenschappelijk niveau. Haar belangrijkste product is de rapportage van experimenten waarin zo zorgvuldig mogelijk alle waarnemingen worden gepresenteerd. De waarnemingen zijn te splitsen in twee methoden:

1. Een classificerende methode zoals het meten van krachten, bewegingen, cavitatie-geruis.
2. Een globale methode waaronder film, video en foto kunnen worden gerangschikt.

Naast het opleveren van waarnemingen wordt ook aandacht besteed aan theorievorming.
In deze voordracht wil ik mij beperken tot het waarnemingsgedeelte en wel het meten van krachten en bewegingen.

COORDINATEN

Alvorens in details te treden wil ik eerst het, door het N.S.P., meest gebruikte coördinatensysteem bespreken.
De krachten en momenten worden in een driedimensionaal orthogonaal assenstelsel gemeten. Wordt het model in zijn bewegingen belemmerd, dan is F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z het minimum noodzakelijke tevens voldoende aantal krachten en momenten dat nodig is om een volledige vergelijking op te stellen.

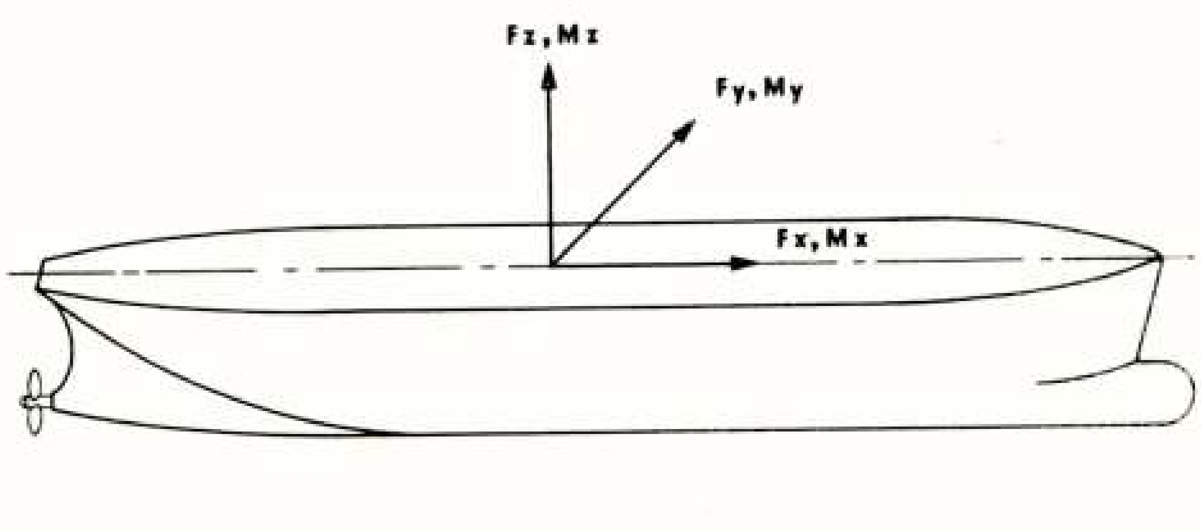


Fig. 1 Coördinatenstelsel voor het registreren van krachten.

Wordt het model de vrijheid gegegeven om te bewegen dan beschrijft het zwaartepunt van het model een baan die vastgelegd kan worden door x, y en z van het zwaartepunt te meten t.o.v. een assenstelsel. De drie rotaties om dit zwaartepunt Θ, Φ en ψ completeren het stelsel zodat de baan van het schip volledig bepaald is. Deze zes parameters worden de zes vrijheidsgraden van beweging genoemd.

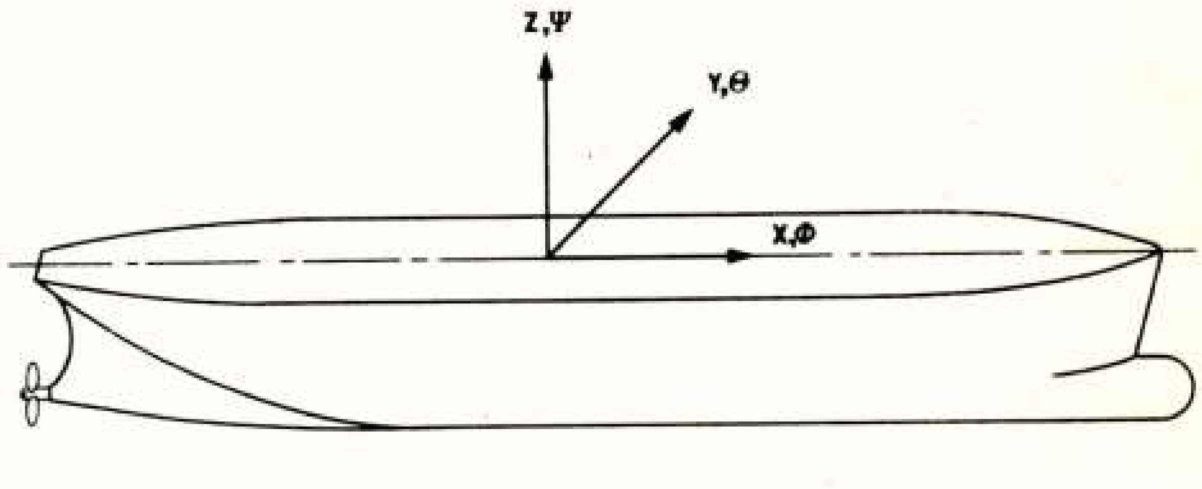
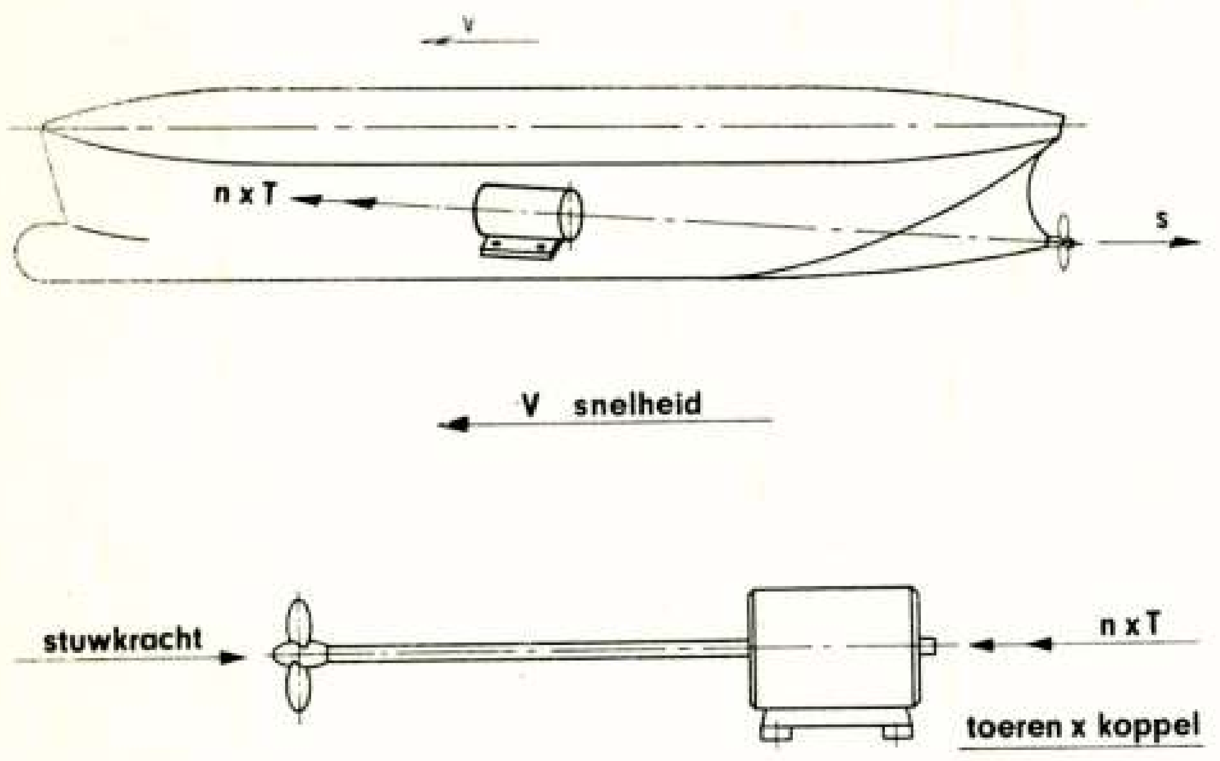


Fig. 2. Coördinatenstelsel voor het registreren van bewegingen

Uit deze gegevens kunnen de gefluctioneerden en dubbel-gefluctioneerden worden afgeleid. Vaak verdient het de voorkeur deze direkt te meten in de vorm van snelheid en versnelling.

TOEPASSING VAN KRACHTMETINGEN BIJ HET MODELONDERZOEK

Krachten en momenten bij het modelonderzoek ontstaan door traagheidskrachten, zwaartekracht en hydrodynamische krachten. Hieronder volgt een opsomming van meetmethoden zoals op het N.S.P. gebruikt worden.



$\eta \times n \times T = V \times S$

Fig. 3. Kracht-en momentmeting voor het bepalen van het vermogen en het rendement van de voortstuwer, met en zonder inwerking van de scheepsvorm.

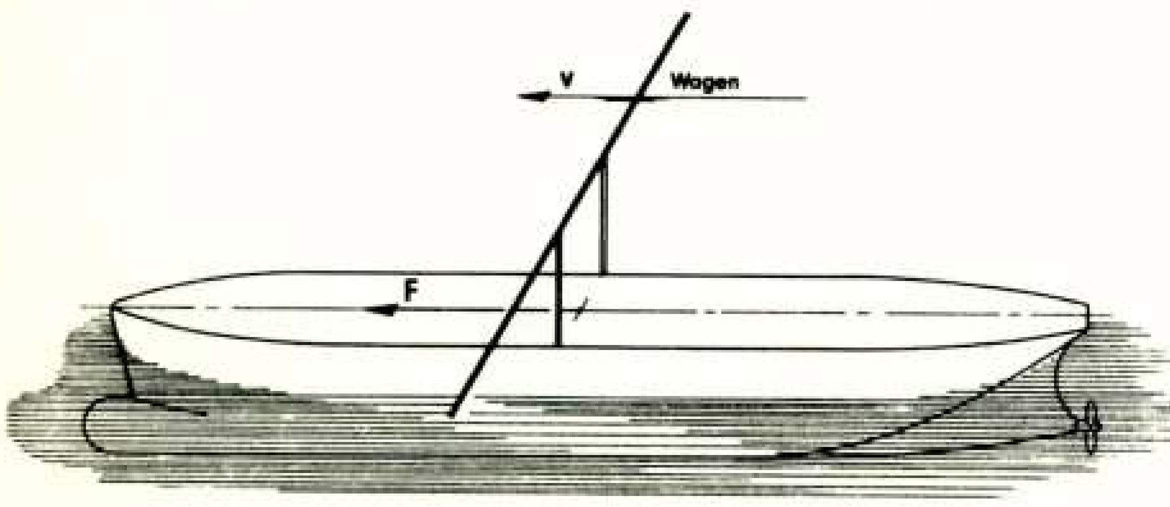


Fig. 4. Krachtmeting om de hydrodynamische weerstand van een model vast te leggen.

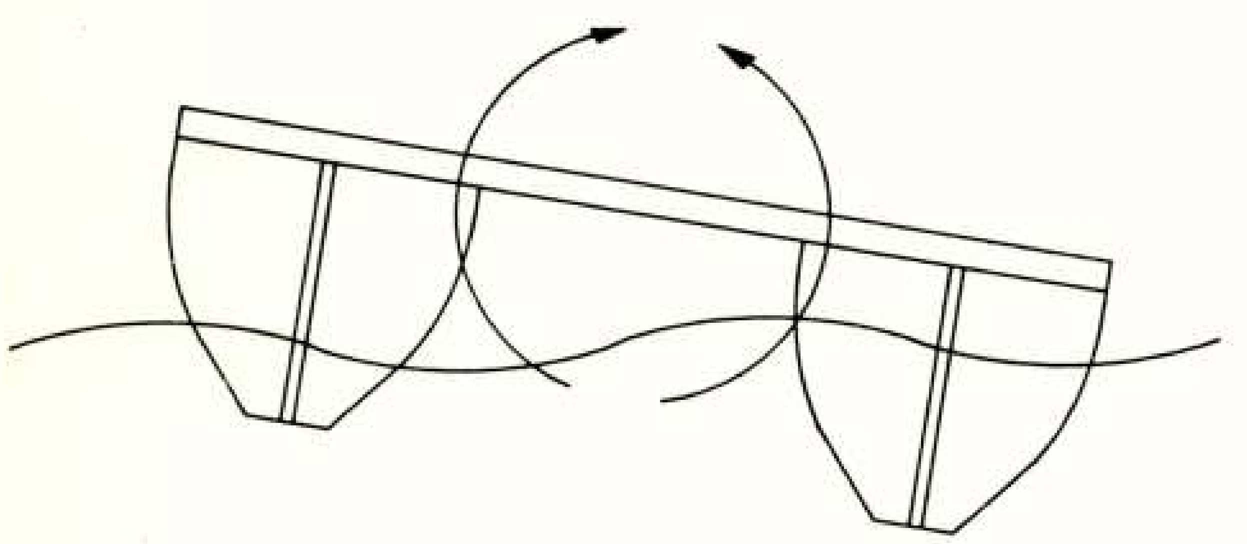


Fig. 5. Krachtmeting voor het bepalen van optredende statische en dynamische krachten op maritieme constructies waardoor een berekening van de constructie mogelijk is.

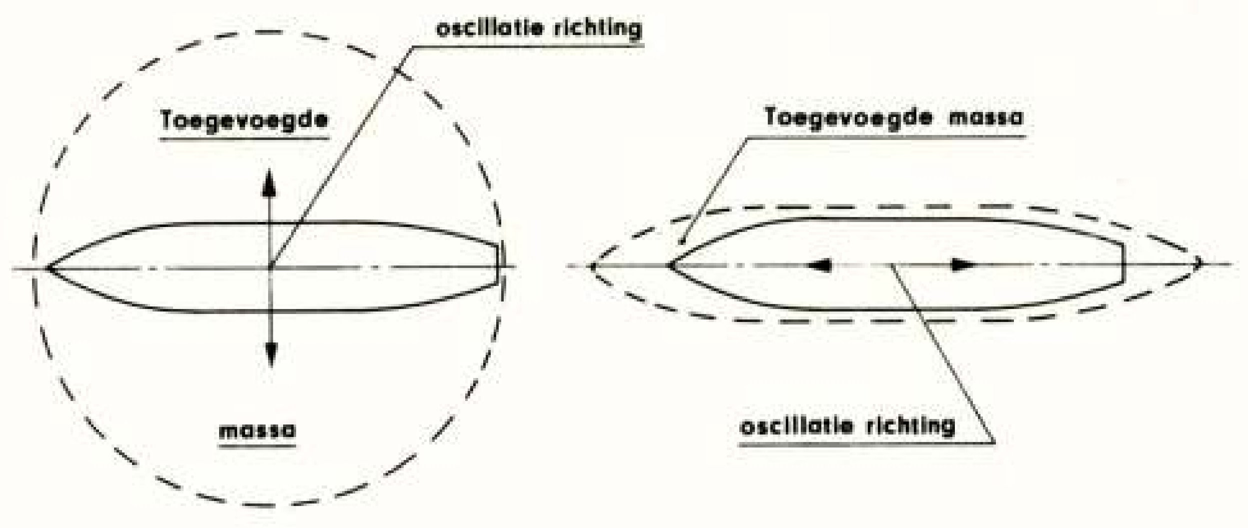


Fig. 6. Krachtmeting voor het bepalen van de toegevoegde massa van een model.

Toegevoegde massa is een denkbeeldige watermassa rondom het model die de modelbeweging geheel volgt en daarbij traagheidskrachten op het model uitoefent die gelijk zijn aan de werkelijk optredende krachten.

TOEPASSING VAN HET METEN VAN BEWEGINGEN

Beweging van het schip in golven.

De golf is de actie en de beweging van het schip de reactie. Door van beide signalen het vermogenspectrum te meten kan o.a. de overdrachtsfunctie van het schip bepaald worden.

Draaicirkelproeven.

Deze zijn een onderdeel van het onderzoek voor het bepalen van constanten van het wiskundig model waarvoor het roergedrag van het schip gemeten wordt.

Dynamische roerproeven.

Hierbij wordt de roerhoek volgens een bekende functie gestuurd. De beweging van het schip wordt gemeten.

Golfhoogtemeting.

Meting van golfhoogte en voortplantingsrichting.

Watersnelheidsmetingen.

Meting van watersnelheid en richting.

UITVOERING VAN DE DIVERSE MEETMETHODEN

Krachtmetingen.

De krachtmetingen zijn terug te voeren tot twee principes:

1e. Een kracht vergelijken met een massa (balans).
2e. Een kracht vergelijken met een verplaatsing (veerbalans).

De balans heeft het voordeel van een zeer hoge nauwkeurigheid.

De voorwaarden aan de omgeving gesteld om deze nauwkeurigheid te bereiken, zoals trillingsvrij en klimaatregeling, zijn op het N.S.P. niet te realiseren. Anderzijds is een streven naar nauwkeurigheden groter dan 0,5 % niet interessant omdat schaaleffecten geen nauwkeuriger voorspelling toelaten. Door de nog steeds toenemende betrouwbaarheid van electronische apparatuur neemt de toepassing van de rekstrookapparatuur toe. De vaak kwetsbare en volumineuze balanzen verliezen hierdoor terrein. Een aantal metingen zijn uitsluitend mogelijk m.b.v. rekstrookmeetapparatuur zoals meerkomponentenmetingen in roterende of slingerende lichamen waarbij de balans meebeweegt en dynamische metingen waarbij frequenties hoger dan 10 Hz gemeten moeten worden, zoals b.v. zes componentenmetingen van schroefkrachten.

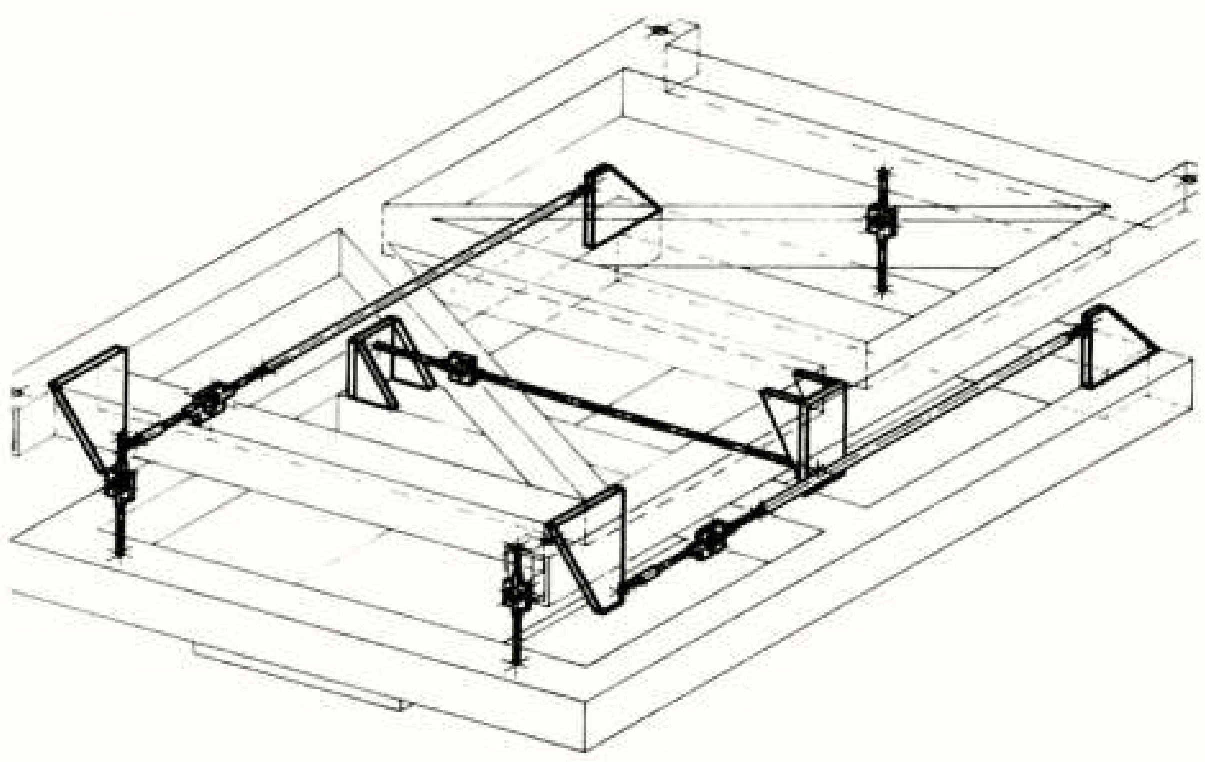


Fig. 7. Zes componenten balans voor het meten van de drie krachten en momenten m.b.v. rekstrookmeetelementen

<u>Meten van modelbewegingen.</u>

Een veel voorkomende meting is het registreren van de zes vrijheidsgraden van een model. De klassieke oplossing is een mechanisch passief volgsysteem. Het apparaat bestaat uit een parallel geleiding met slede en bolschanier, waarmee x, y en z gemeten kunnen worden. Het bolschanier is uitgevoerd als een cardan waarbij de vertikale poot ook kan roteren, zodat ook Θ, Φ en Ψ m.b.v. potentiometers gemeten kunnen worden.

Contactloos meten van bewegingen. Het bezwaar van het passief systeem is dat bij toepassing op lichte modellen de traagheid ontoelaatbaar verhoogd wordt. Om de beweging van lichte modellen onvervormd te registreren is een contactloos optisch volgsysteem door het N.S.P. ontwikkeld, voor het meten van x, y en z in een kubus vormige ruimte van 1,5 m3. Op het lichte model b.v. een boei, wordt een punt-lichtbron geplaatst, in dit geval een halogeenlamp. De voedingsdraden van deze lamp kunnen meestal in ankerdraden worden weggewerkt. Twee kijkers die cardanisch bevestigd zijn, volgen nu m.b.v. door fotocellen gestuurde servomotoren de beweging van dit lampje (zie Fig. 8.).

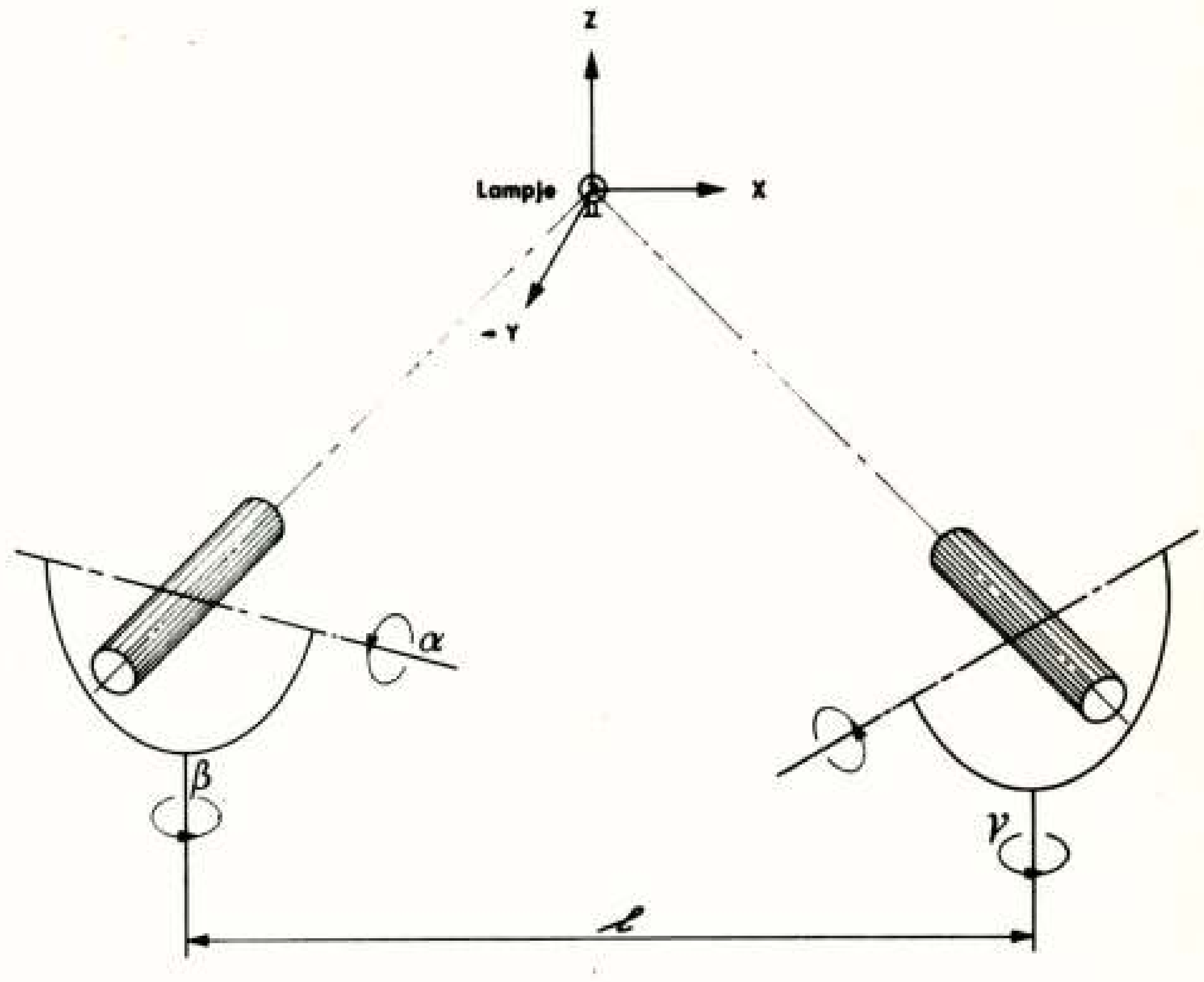


Fig. 8. Principe schets van een contactloos optisch volgsysteem.

De hoeken α, β en γ en de bekende afstand ℓ zijn voldoende om x, y en z van het lampje te berekenen. Deze berekening wordt momentaan uitgevoerd m.b.v. een analoge schakeling.
De optiek van de kijkers is als volgt:
Het licht van de puntlichtbron valt op een lens, deze convergeert de bundel. Een half doorlatend prisma splitst de straal zodat twee paren fotocellen geplaatst in het brandpunt van de lens, licht ontvangen. Ontvangt een van de twee fotocellen meer licht dan wordt een servometer van de bijbehorende as geactiveerd zodat het verschil weer vereffend is. De kijker blijft zodoende op het lampje gericht.

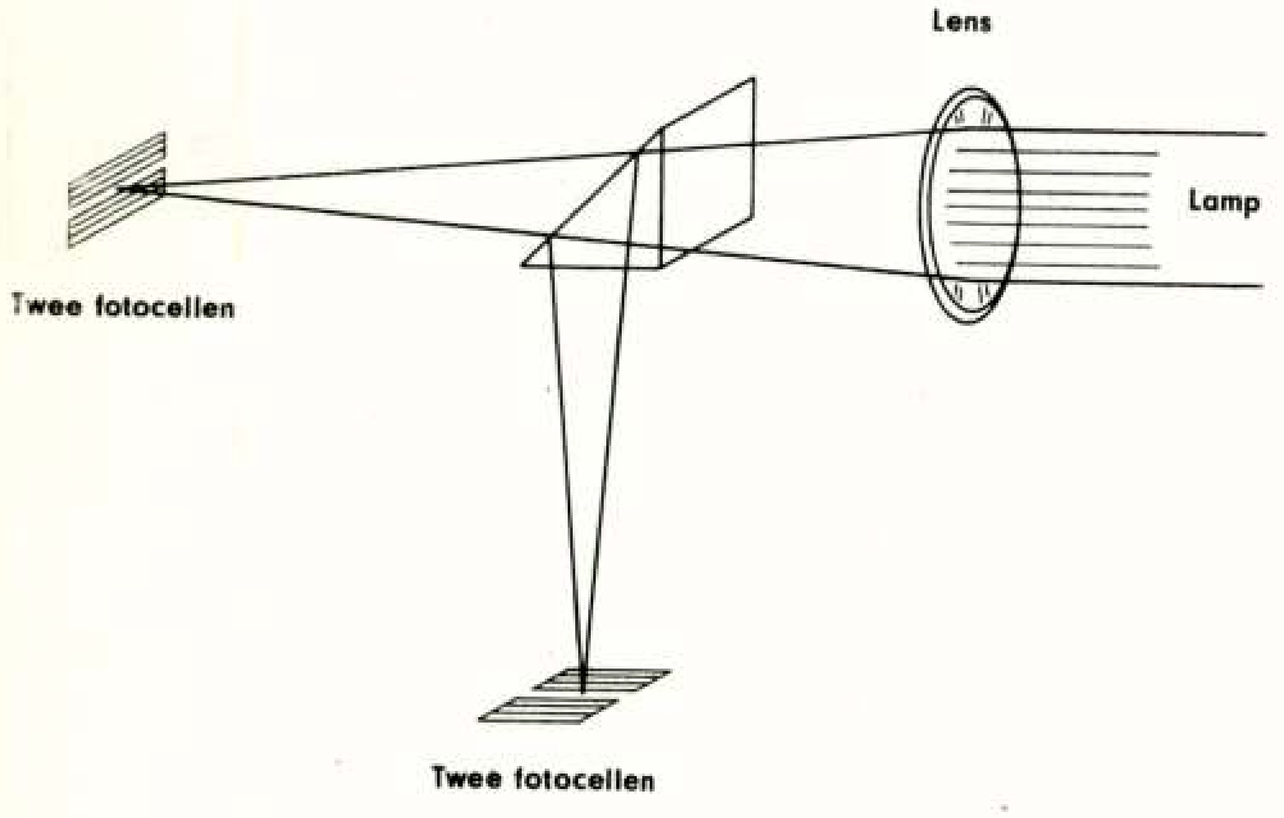


Fig. 9. Optiek van een van de twee kijkers van het volgsysteem.

Gyroscopen worden gebruikt voor het meten van hoeken en hoeksnelheden.

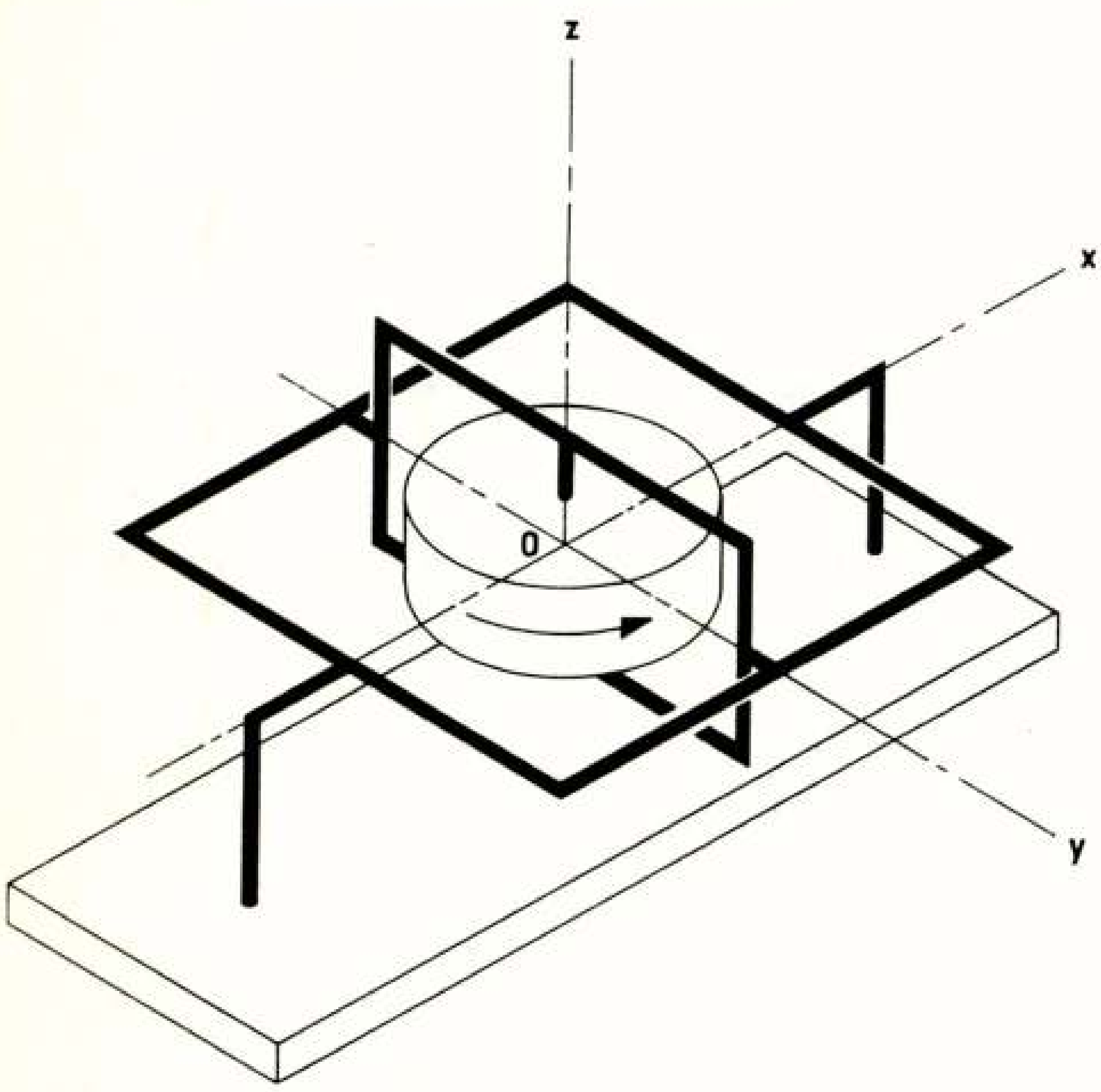


Fig. 10. "Stamp-Slinger" gyro. De tol draait om de z-as. De gyro is opgehangen in een cardan frame. De rotaties van de cardan om de x en de y-as kunnen geregistreerd worden.

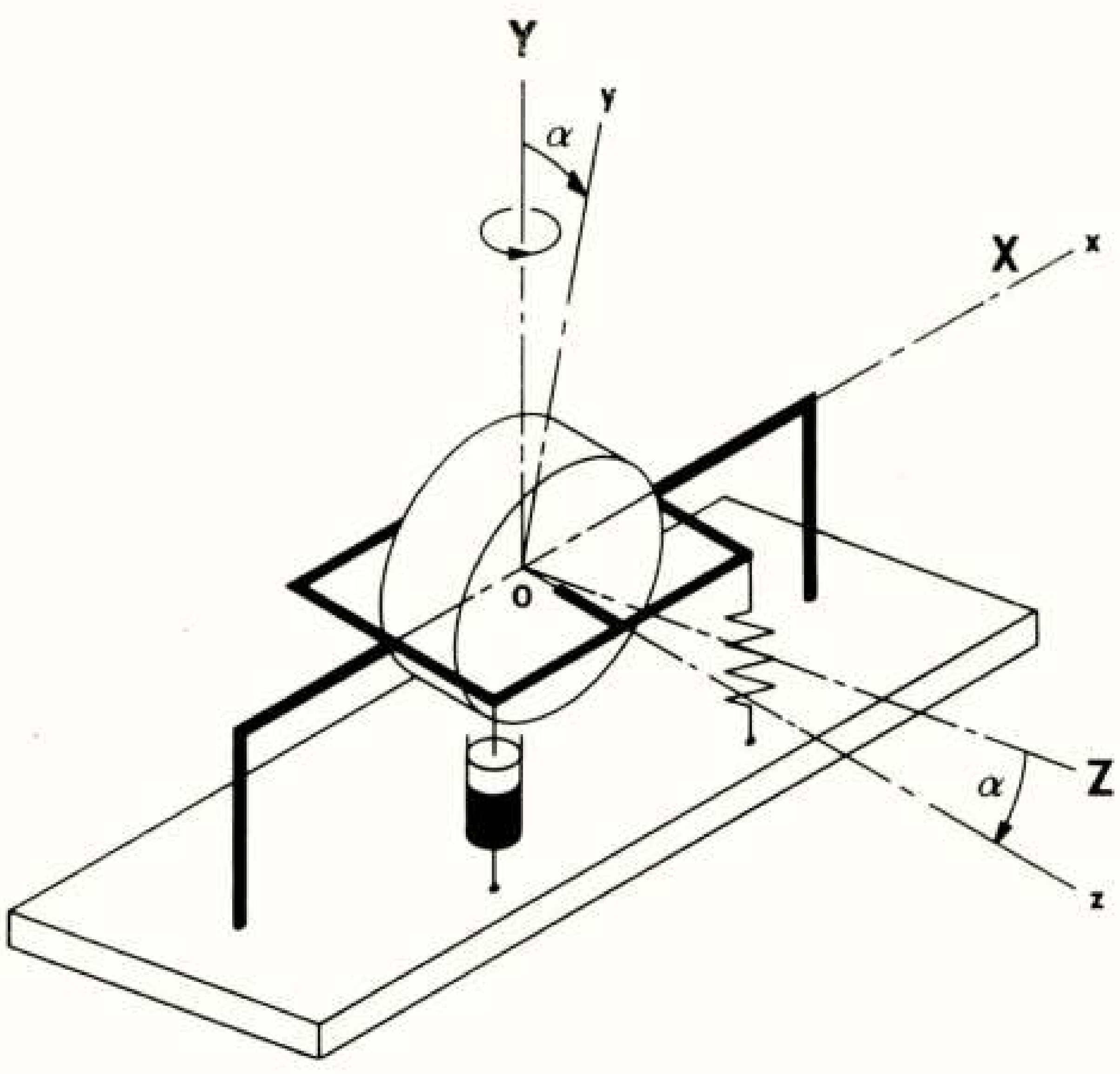


Fig. 11. "Rate" of wel hoeksnelheids gyro. De tol draait om de z-as als een rotatie om de y-as optreedt onstaat t.g.v. de precessiekracht een moment om de x-as. Dit moment wordt b.v. met een veer geregistreerd. Dit moment is evenredig met de rotatie en de traagheid van de tol en de hoeksnelheid rond de y-as.

Versnellingen worden met versnellingsopnemers gemeten. Het is mogelijk om uit versnellingen de verplaatsingen af te leiden m.b.v. integratie. Ook het omgekeerde is mogelijk. Om praktische redenen is de bewerking door integratie of differentiatie in bepaald frequentie-gebied uitvoerbaar.

De afdeling ontwikkeling is momenteel bezig met het ontwikkelen van een meetsysteem voor het contactloos meten van de drie rotatie-bewegingen m.b.v. gepolariseerd licht.

Meten van golfhoogten.

De golfhoogte wordt op het N.S.P. meestal gemeten m.b.v. twee draden die geïsoleerd van elkaar door het wateroppervlak steken. Het variëerende waterniveau zorgt voor een weerstandsverandering die geregistreerd kan worden.

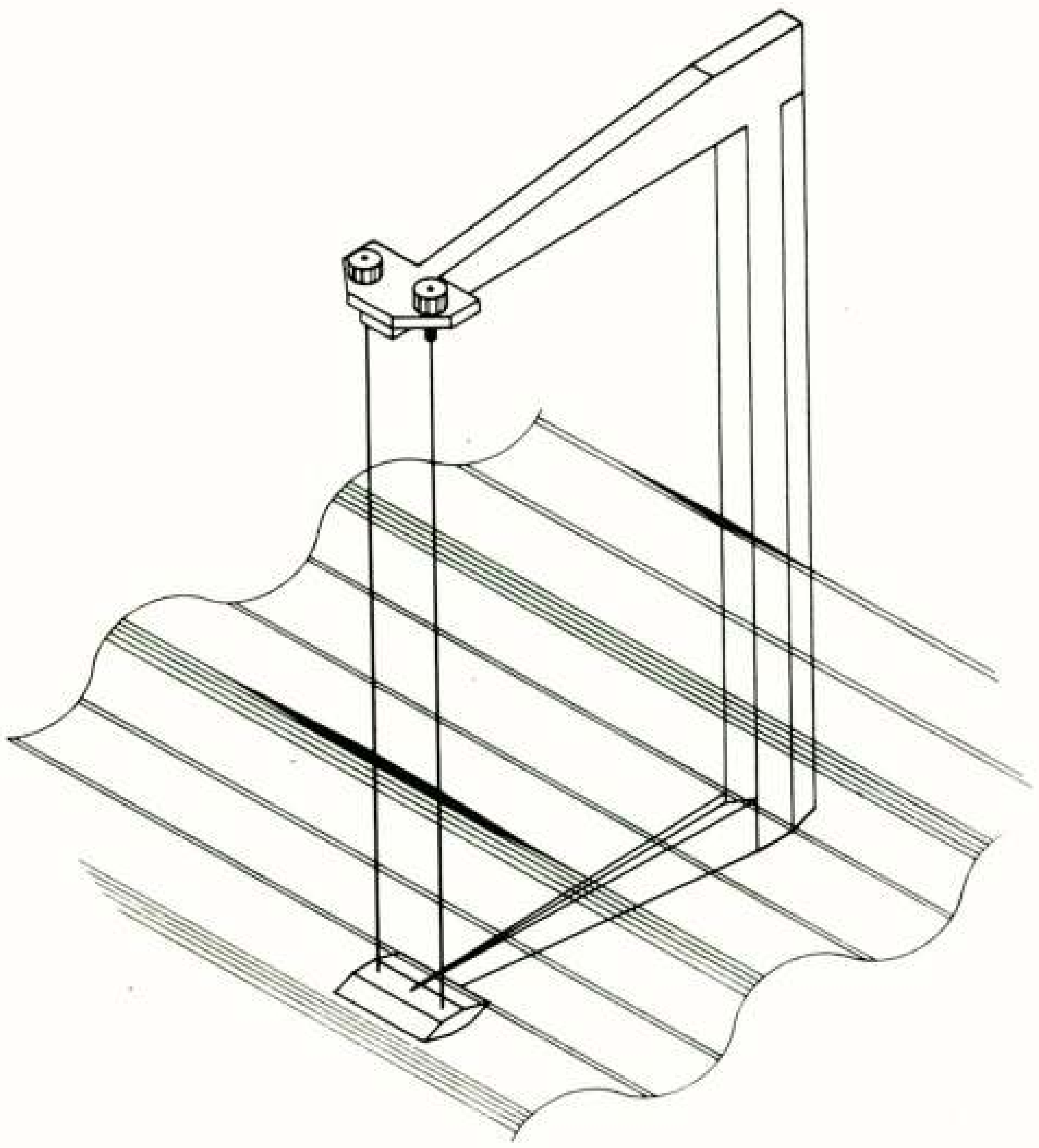


Fig. 12. Golfhoogte meter m.b.v. weerstandmeting.

In speciale gevallen, b.v. bij een snel varend model waarbij de weerstandsdraden het oppervlak rond de draden ernstig verstoren, wordt een servogestuurde golfhoogte-meter gebruikt. In dit geval steekt slechts een naald van 0,2 mm Ø ongeveer 0,1 mm in het water. Het systeem volgt frequenties to 5 Hz waarbij de fase-verschuiving < 1% is. (Zie Fig. 13).

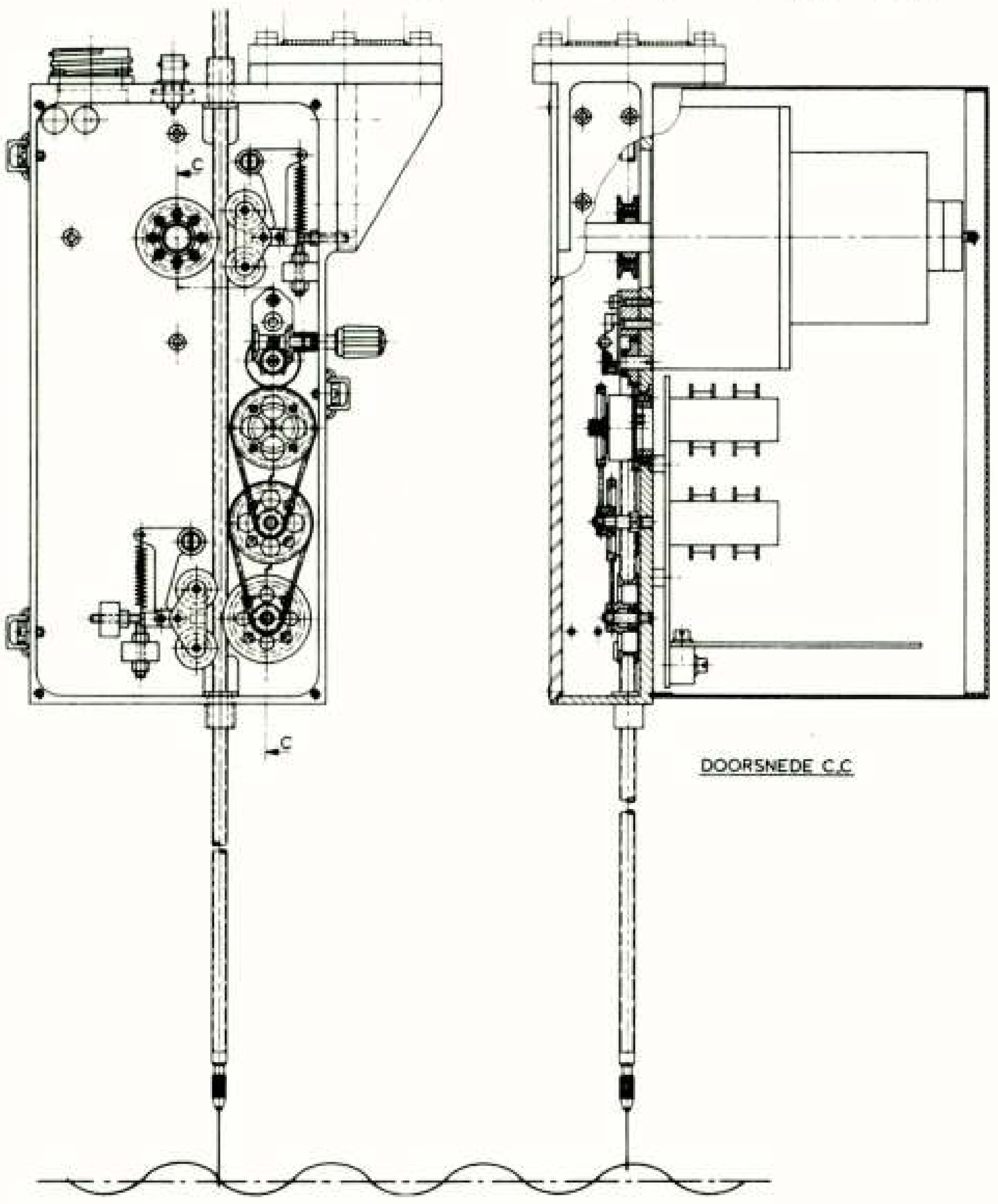


Fig. 13. Golfhoogtemeter m.b.v. weerstandmeting en servo-systeem.

<u>Meten van de watersnelheid en zijn richtingen.</u>

Bij de pitot buis is het drukverschil een maat voor de watersnelheid. De relatie tussen deze twee grootheden is kwadratisch. Het systeem heeft een tijdconstante in de orde van 1 sec.

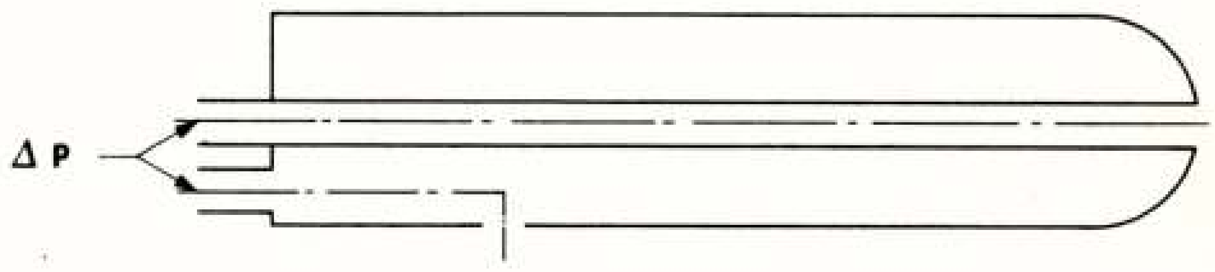


Fig. 14. Pitot buis voor het meten van de watersnelheid.

Een 5-gats pitot buis is geschikt om de

Een 5-gats pitot buis is geschikt om de watersnelheid en zijn richting te bepalen. Er zijn verschillende uitvoeringen mogelijk. In Fig. 15 is een uitvoering weergegeven.

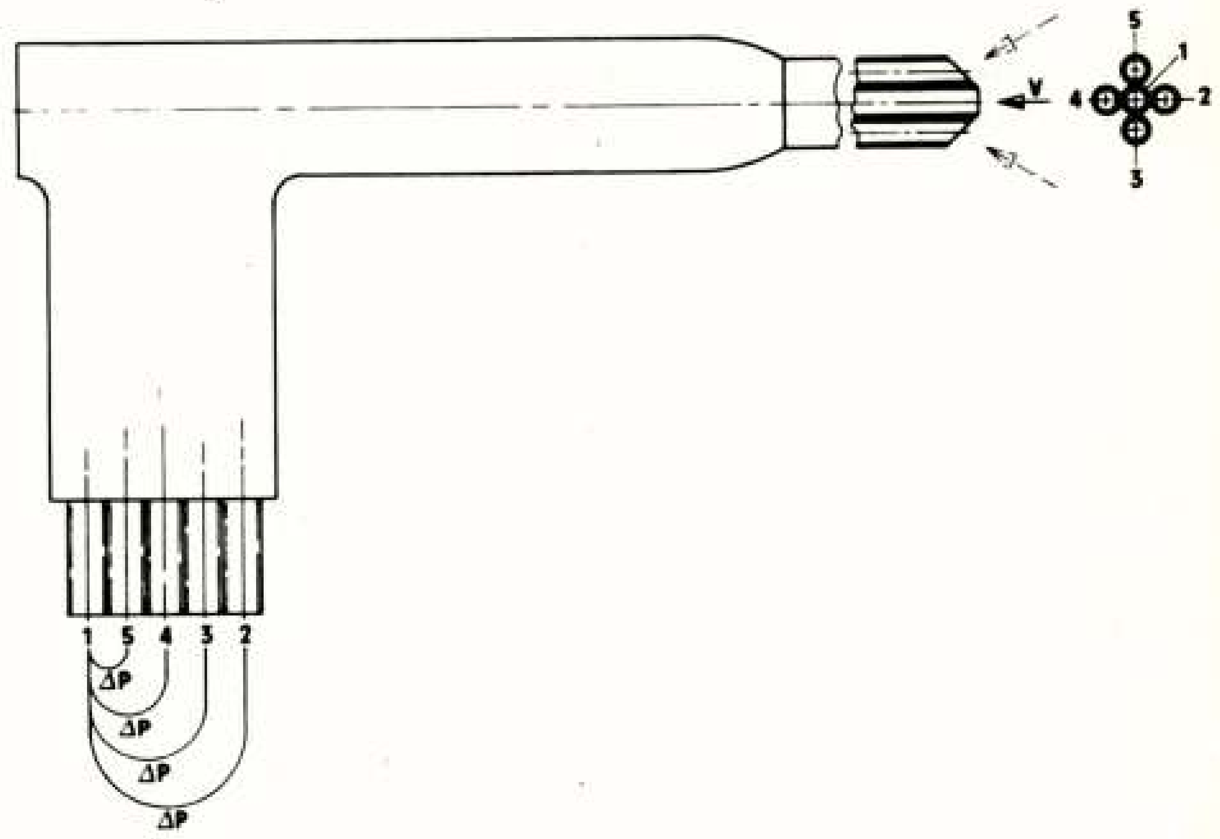


Fig. 15. 5-gats pitot buis waarmee watersnelheid en richting gemeten kunnen worden.

Het watersnelheidsmolentje, heeft ook zijn specifiek toepassingsgebied; nl. voor zeer lage snelheden (vanaf enkele cm/sec.).

De hot-wire en hot-film snelheidsmeters worden toegepast bij turbulentiemetingen. De kleine tijdconstante van deze systemen geven de mogelijkheid snelheidsfluctuaties vast te leggen tot ca 200 Hz. Tussen de watersnelheid en de voedingsspanning bestaat een kwadratisch verband.

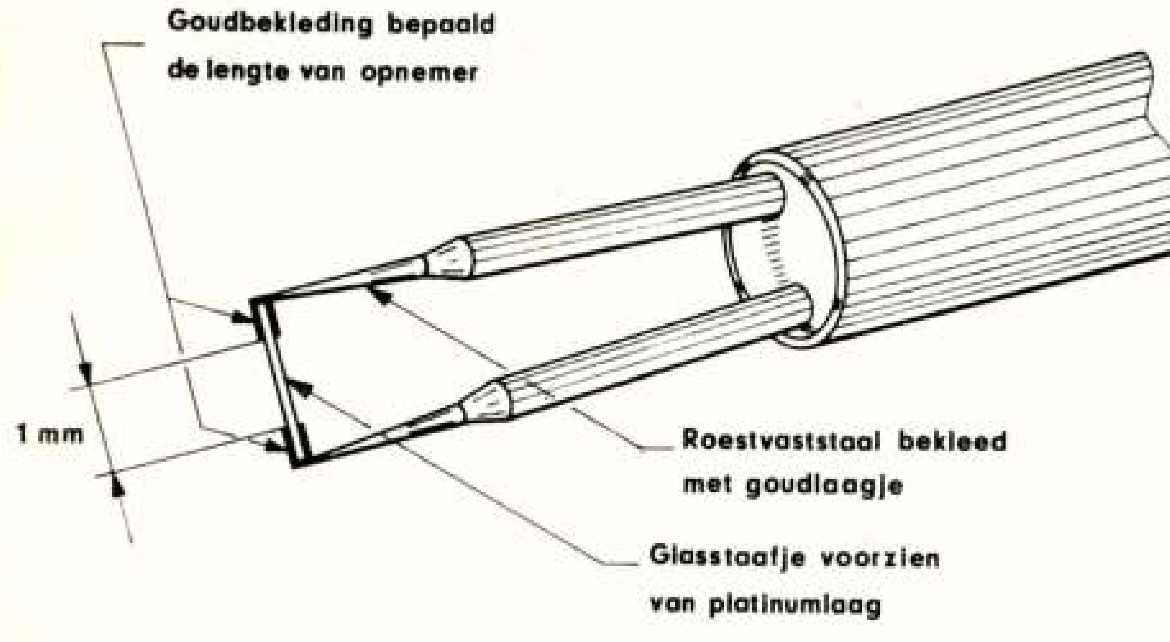


Fig. 16. "Hot wire" snelheidsmeter.

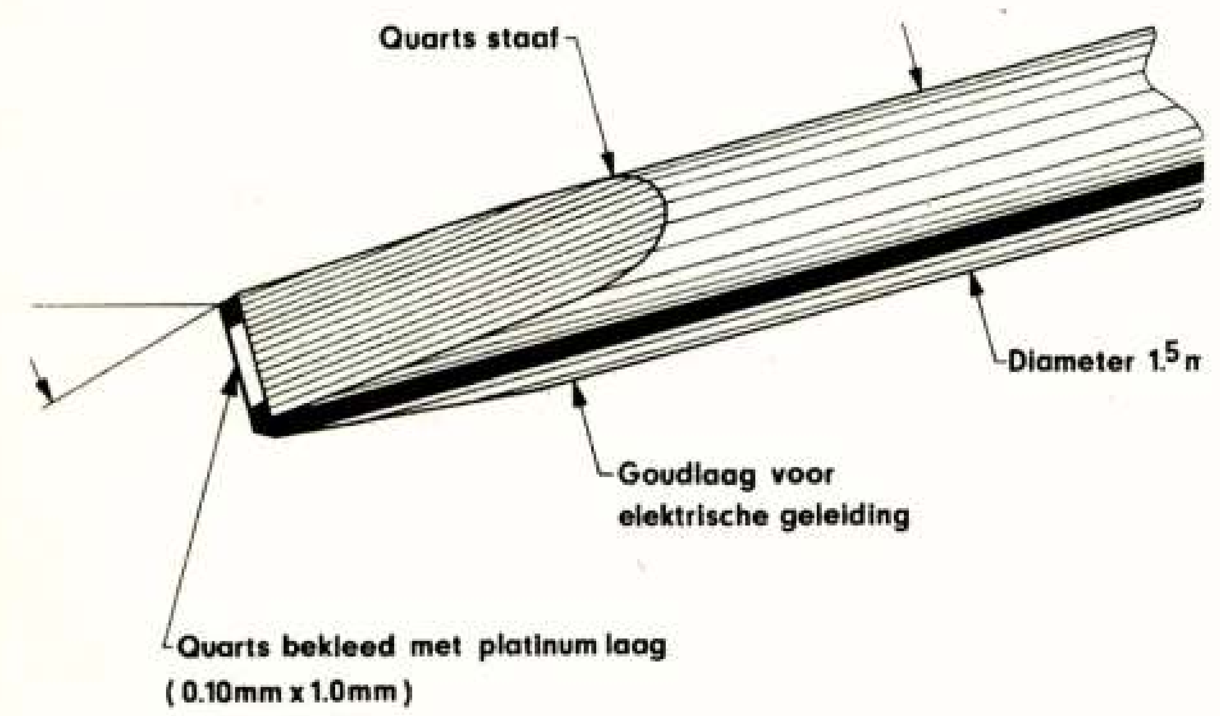


Fig. 17. "Hot film" snelheidsmeter.

De laatste jaren bestaat een grote interesse voor het laserdoppler snelheidsmeetsysteem (L.D.S.). De verstoring van stromend medium is hier tot een minimum teruggebracht en wordt veroorzaakt door enkele lichtstralen die door de laser zijn geproduceerd. In 1975 zijn de eerste proeven met positief resultaat verricht in samenwerking met de T.P.D. te Delft. Dit op het N.S.P. beproefde systeem berust op het "reference beam" principe waarbij het voorwaarts verstrooide licht (forward scattering) m.b.v. fotocellen wordt opgevangen. Verder onderzoek zal worden verricht naar L.D.S. meting m.b.v. "back scattering". Het ideaal is het momentaan meten van de drie snelheidscomponenten m.b.v. "back scattering".

Naast bovengenoemde voordeel kan dit systeem hoogfrequente turbulenties registreren. IJken is niet meer nodig.

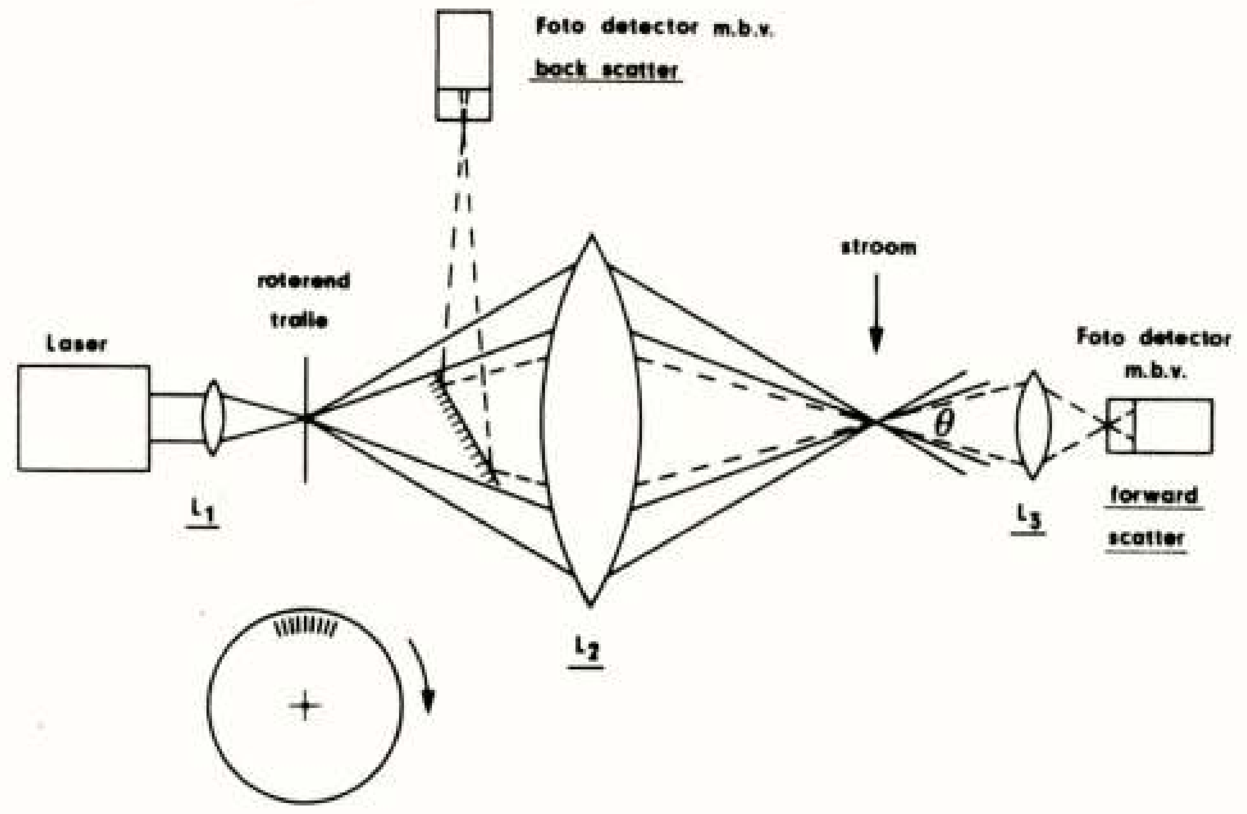


Fig. 18. Laserdoppler meetopstelling m.b.v. "dual beam" methode. Beide mogelijkheden van "forward"-en "back scattering" zijn hierin weergegeven.

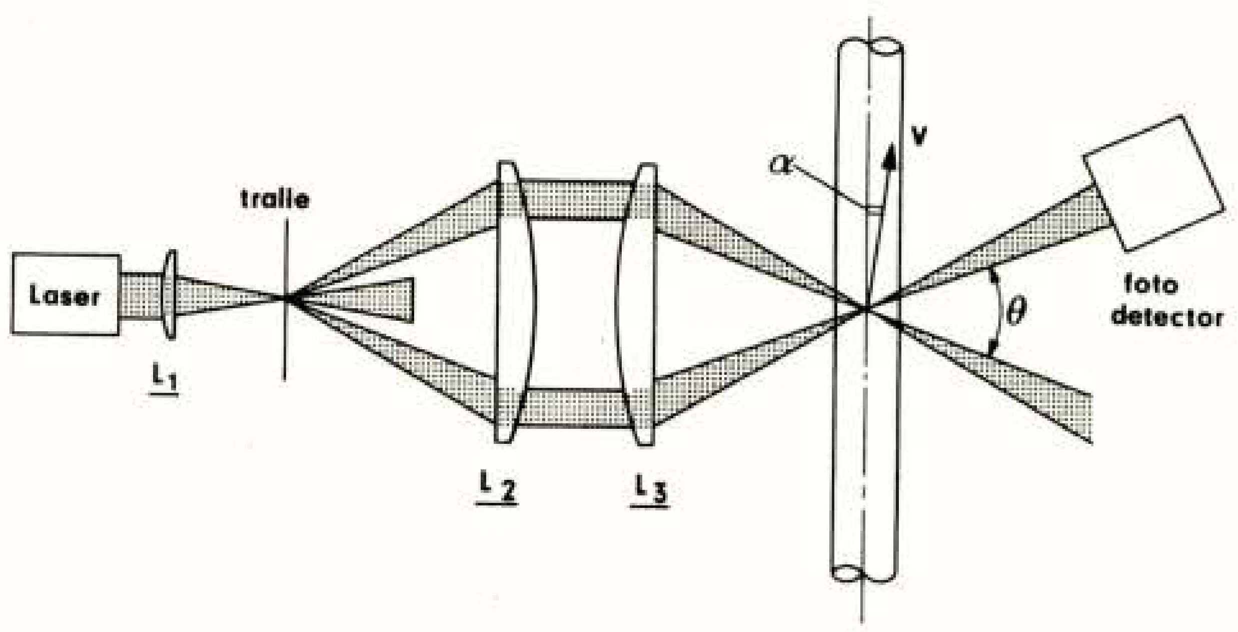


Fig. 19. Laserdoppler meetopstelling m.b.v. "reference beam" methode. Het roterende tralie heeft twee fucties, bundelsplitsing en faseverschuiving waardoor de snelheidsrichting bepaald kan worden.

In de hierboven weergegeven opstelling is de tralie gekozen als bundelsplitser. Door het tralie een rotatie te geven ontstaat er een faseverschuiving van de lichtfrequentie van de bundelparen van 1e en hogere order. Door deze frequentie-verschuiving is het mogelijk de snelheidsrichting vast te stellen.

Voordracht gehouden op 20 januari 1977 in het Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (no. 261) en de Benelux section IEEE.

SCHEPEN OP HET DROGE

Drs. F.G.J. Witt
Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation
te Wageningen

A description is given of the construction and operation of the ship manoeuvring simulator of the Netherlands Ship Model Basin at Wageningen. This simulator is the result of the desire for knowledge about the man-ship system in order to solve a variety of questions about whatever floating object with a human controller on it.

INLEIDING

Naarmate de schepen groter worden en de wereldzeëen drukker bevaren worden groeit de behoefte aan een nauwkeuriger kennis omtrent scheepsbewegingen. Op basis van jarenlange ervaring en steeds verfijnder rekenmethoden kunnen voorspellingen gemaakt worden over de bewegingen van het schip in alle richtingen (Fig. 1.).

G = centre of gravity
1 = X = surge
2 = Y = sway
3 = Z = heave
4 = ϕ = roll
5 = θ = pitch
6 = χ = yaw

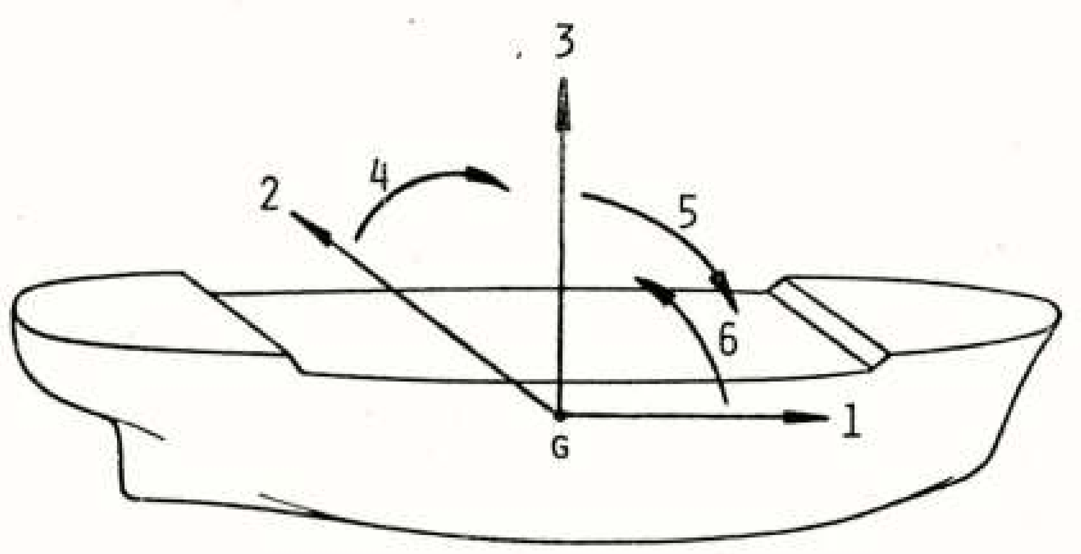


Fig. 1. Definitie van de assen van beweging.

Die scheepsbewegingen waarop de mens als bestuurder van het schip direkte invloed kan uitoefenen zijn de verplaatsingen in het horizontale vlak. Voor de mens in dit systeem bestaat echter nog geen formule die in voldoende mate zijn gedrag beschrijft.

Een onderscheid dat gemaakt kan worden in de door het mens-schip systeem uit te voeren bewegingen is het volgende:

a. "verkeerskundige" bewegingen, waaronder globaal het koersvaren en koerswijzigen valt, welke nodig zijn om het schip van punt A naar punt B te brengen,

b. manoeuvreerbewegingen, waaronder behalve de hierboven genoemde bewegingen rond punt A of rond punt B ook bewegingen dwars-uit vallen.

Gezien het feit dat bestudering in werkelijkheid van de onder a. genoemde bewegingen te kostbaar en van de onder b. genoemde bewegingen naast te kostbaar ook in de meeste gevallen te riskant is moest naar een abstraktere methode van onderzoek gezocht worden. Bij voorkeur zal die methode moeten voldoen aan een aantal eisen voor wetenschappelijk onderzoek, waarvan die van herhaalbaarheid van metingen en die van de mogelijkheid externe verstoringen te isoleren het zwaarst wegen. Fig. 2. laat een voorbeeld zien van de verhoudingen die tussen abstraktie nivo en betrouwbaarheid bestaan.

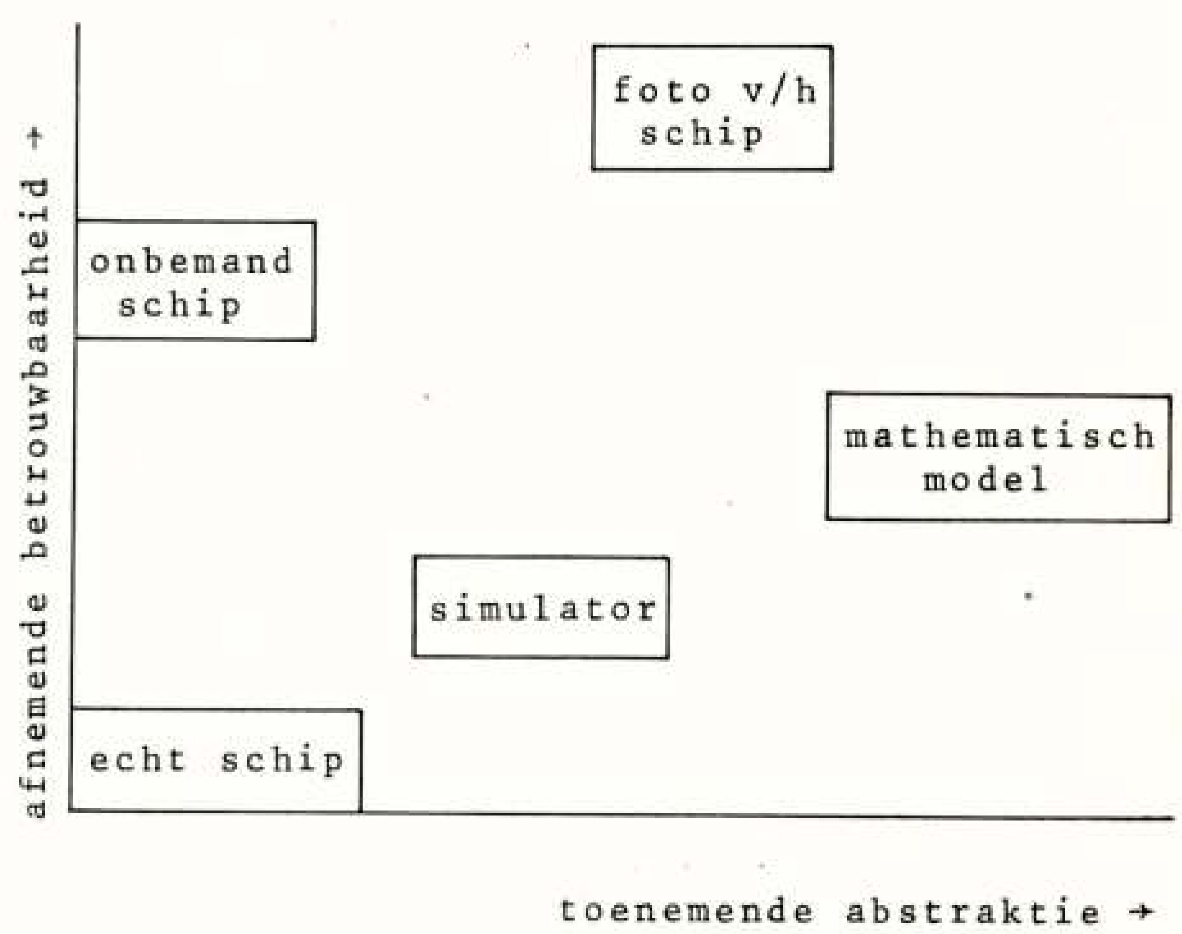


Fig. 2. Hypothetisch verband tussen abstraktie nivo en betrouwbaarheid van modellen waaraan en waarmee onderzoek gepleegd kan worden.

Duidelijk wordt dat een real time simulatie op schaal 1:1 het best de werkelijkheid zal benaderen; dus de minste abstraktie gepaard aan de hoogste betrouwbaarheid oplevert. Dat hiervoor geen kosten gespaard kunnen worden blijkt uit Fig. 3.

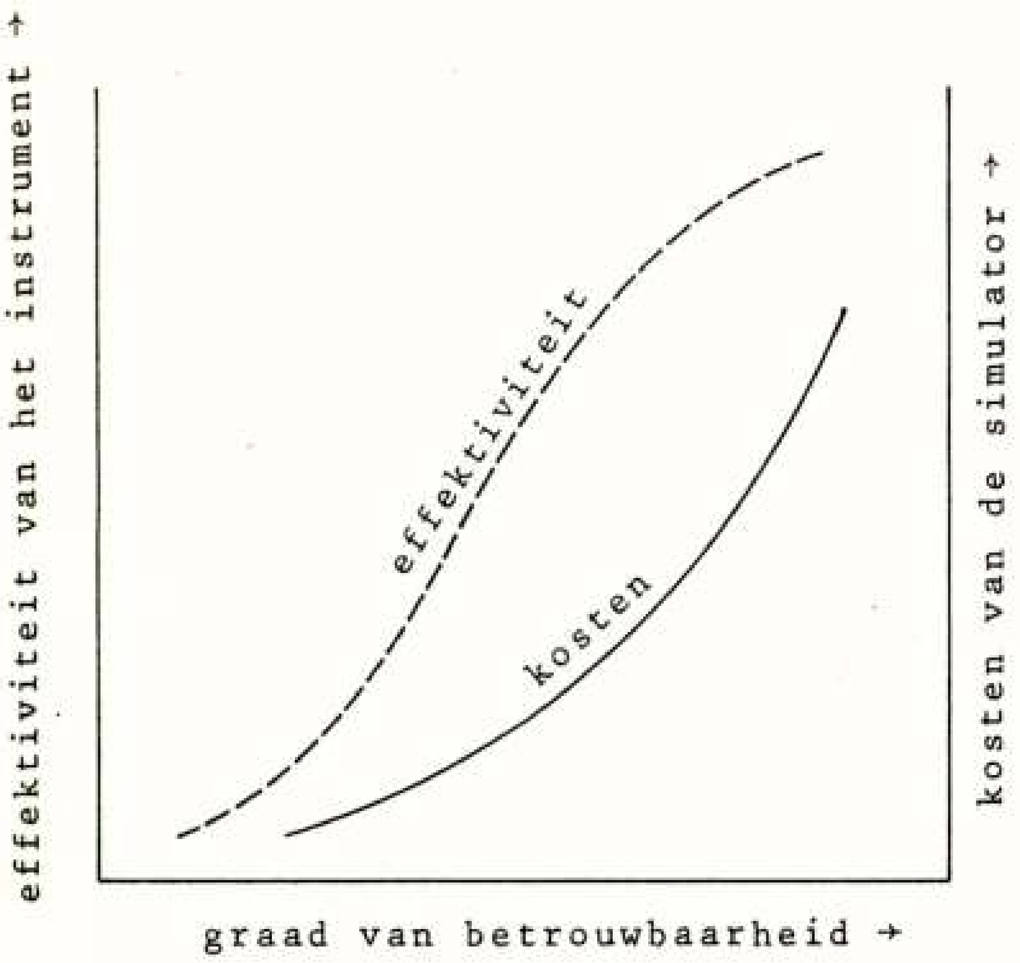


Fig. 3. Hypothetische relatie tussen kosten, betrouwbaarheid en effektiviteit van een simulator.

DE SCHEEPSMANOEUVREERSIMULATOR

Uitgaande van dit gegeven werd in samenwerking met het T.N.O. Instituut voor Zintuigfysiologie en het T.N.O. Instituut voor Werktuigbouwkundige Constructies een scheepsmanoeuvreersimulator ontwikkeld die voldeed aan eisen die door het N.S.P. gesteld werden. Deze eisen hangen nauw samen met beide hierboven genoemde groepen bewegingen. Enerzijds moest de mogelijkheid geschapen worden langdurige vaarten te simuleren waarbij de introduktie van externe verstoringen zoals wind en stroom alsmede koerskruisende schepen of andere obstakels mogelijk was. Anderzijds moesten de situaties ter plaatse van punt A of B exact weergegeven kunnen worden en, gezien het feit dat punt A of B meestal een haven is, in buitenbeeld projektie zichtbaar gemaakt kunnen worden. Verdere eisen hadden betrekking op de kwaliteit van het mathematisch model voor de te simuleren schepen, de "face-validity" als verkoop argument, enz. Het resultaat was een simulator zoals afgebeeld in Fig. 4. en 5.

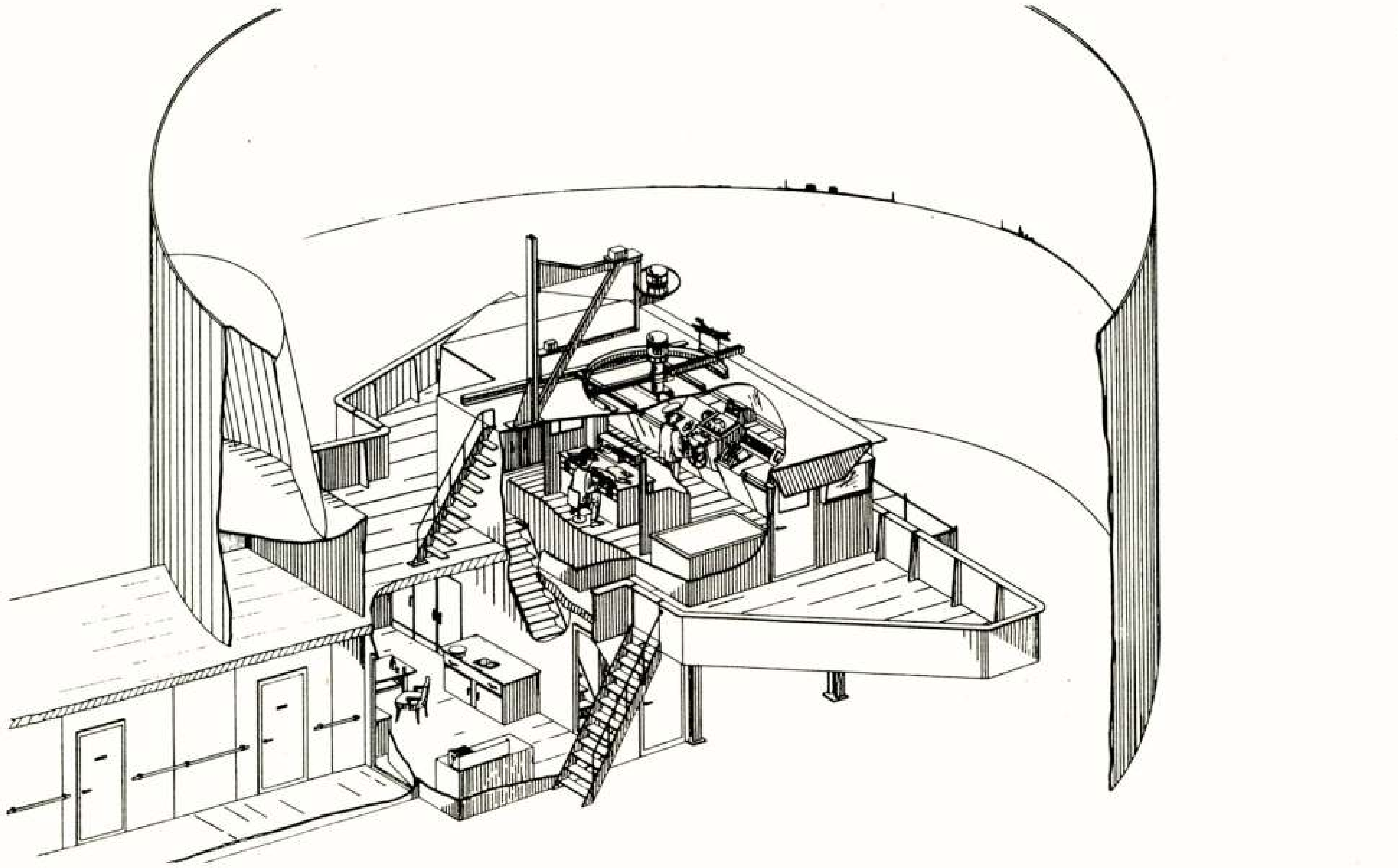


Fig. 4. Doorsnede tekening van de simulator.

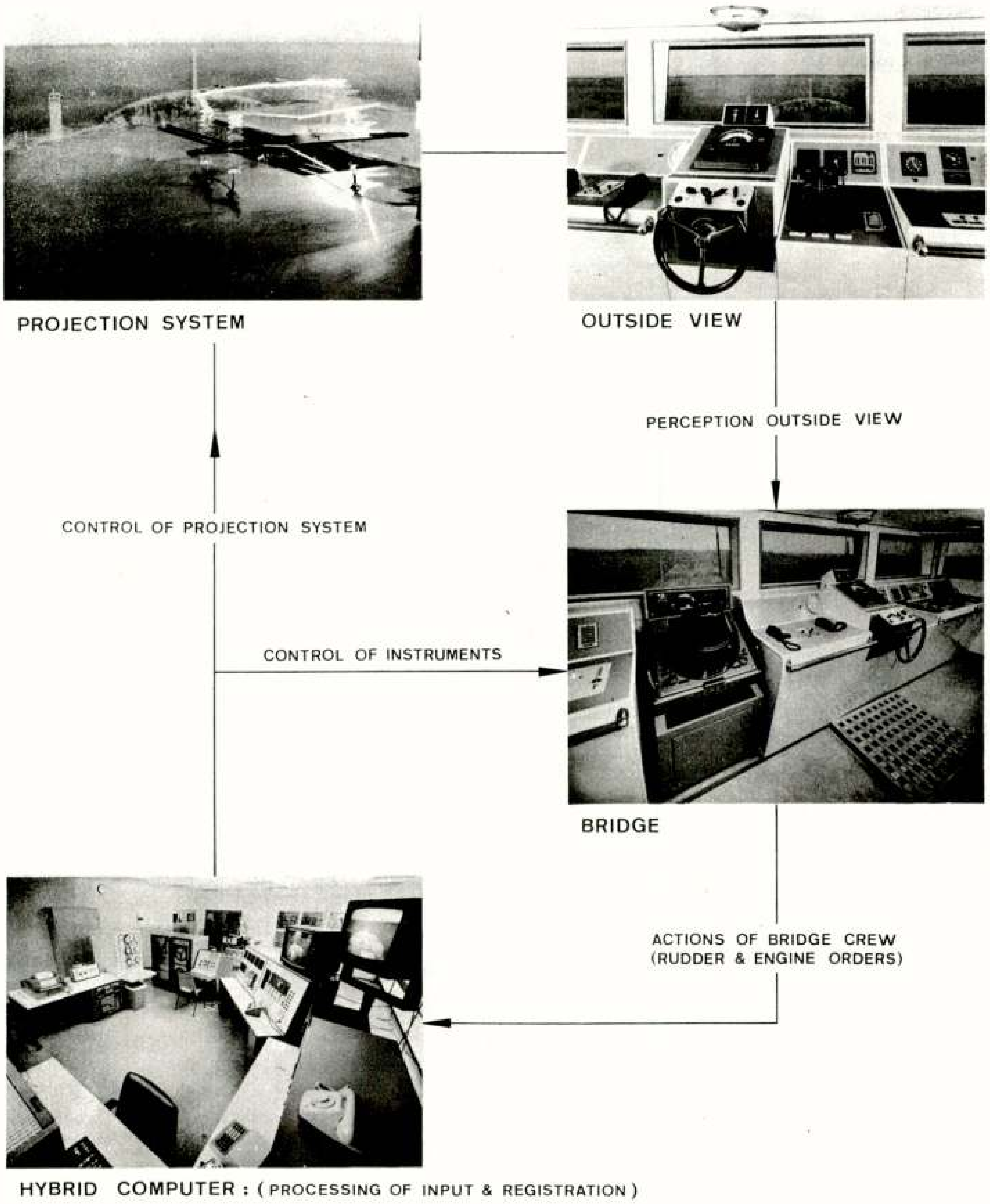


Fig. 5. Samenstelling van de verschillende komponenten waaruit de simulator is opgebouwd.

Hieronder volgt een korte beschrijving van de verschillende komponenten waaruit één en ander is opgebouwd.

De scheepsbrug is een natuurgetrouwe nabootsing van een echte brug. Alle mogelijke denkbare navigatiehulpmiddelen zijn aanwezig of kunnen zonder veel werk geinstalleerd worden. Bij deze brug horen een scheepscorridor en een captain's office die dienen om de brugbemanning te laten acclimatiseren.
De instrumenten op deze brug worden gestuurd door de komputer. Het hybride systeem is onlangs vervangen door een volkomen digital systeem met snelle digital/analoog en v.v. omzetters van de signalen. Deze sturing van de instrumenten gebeurt op basis van het iedere .1 seconde door-rekenen van het mathematisch model van het schip.

Het computer systeem stuurt ook de buitenbeeld projektie. Dit buitenbeeld wordt door een kombinatie van een maquette en een puntlichtbron op een cylindrisch scherm geprojekteerd. De maquette is op een beweegbare arm gemonteerd, zodat alle bewegingen van het schip in het horizontale vlak voorgesteld kunnen worden door bewegingen van het buitenbeeld.

TOEPASSINGEN

Zoals af te lezen valt uit eerdere opmerkingen wordt de simulator gebruikt voor bestudering van manoeuvreereigenschappen van nieuw ontworpen of reeds lang in gebruik zijnde scheepstypen. De nadruk hierbij ligt op zeer grote of zeer afwijkende schepen. Het grootste tot nu toe gesimuleerde schip was een tanker van 800.000 DWT (de grootste nu varende is "slechts" ruim 500.000 DWT). Het meest afwijkende "schip" was een booreiland dat door zes, zeer abstrakt gesimuleerde, sleepboten verplaatst moest worden.

Een tweede vorm van toepassing legt de nadruk op de omgeving waarin een bepaald type schip zich beweegt. Deze onderzoekingen richten zich op onderzoek naar haveningangen, doorvaarten door zeestraten en uitgebaggerde geulen. Al deze geografische omgevingsvarianten, met de hun eigen hydrodynamische verschijnselen kunnen ook weer bestaande of (nog) niet bestaande situaties zijn.

Een derde groep van toepassing zijn studies gericht op de taakbelasting van de brugbemanning of de beschikbaarheid van nieuwe instrumenten. Deze groep onderzoek is te vangen onder het hoofd ergonomie.

Een vierde toepassing is de training van brugbemanningen. Deze training kan zowel gericht zijn op situaties die dagelijks voorkomen, maar ook op manoeuvres die gemaakt moeten worden in noodsituaties die wellicht slechts éénmaal in de tien jaar voorkomen.

OPZET VAN EEN ONDERZOEK

Het soort werkzaamheden dat door specialisten uit verschillende disciplines uitgevoerd wordt aan een simulator laat zich het best illustreren aan de hand van een voorbeeld.
Een vraag die, herleid tot de eenvoudigste vorm, door een havenontwerper gesteld kan worden is de volgende: "Afgezien van economische, hydraulische, geografische en eventueel andere aspekten wil ik weten of de havenmond die ik voor de haven van X moet ontwerpen een breedte van 600 meter of van 900 meter moet hebben". De eerste stap die door één van de twee nautici (beide zeer ervaren ex-loodsen) van de simulator gezet wordt is onder andere na te gaan welk type schepen de haven van X aandoet, welke zee- en weersomstandigheden rond X overheersend zijn en of plaatselijke loodsen baat hebben bij het deelnemen aan het onderzoek. Meestal wordt een keuze gemaakt uit de meest ongunstigste situaties die denkbaar zijn om beide haveningangen onderling te vergelijken. Het mathematisch model van de te gebruiken schepen wordt geprogrammeerd door de "software" staf, bestaande uit een wiskundige en een natuurkundige in samenwerking met een technisch wetenschappelijk programmeur. Zij voeren in dit model bovendien plaats- en/of tijdsafhankelijke wind en stroomkrachten zowel als eventuele sleepbootkrachten in.
Ondertussen heeft de "hard-ware" staf, bestaande uit vier elektronici en werktuigbouwkundige konstrukteurs onder leiding van een hogere technikus de buitenbeeld maquette, radarbeelden en brug inrichting ontworpen en gekonstrueerd
De tijd is nu gekomen voor een proefvaart waarbij alle funkties van het systeem getest worden. Eén van de projektleiders (psychologen en ingenieurs) maakt een zogenaamd orthogonaal proefschema waarin alle kondities en kombinaties van kondities waaronder gevaren wordt zodanig voorkomen dat na afloop van de manoeuvres op alle geregistreerde gegevens een statistische (variantie) analyse uitgevoerd kan worden.
Omdat, zoals bekend geacht mag worden, de resultaten van akties van systemen met een "man-in-the-loop" een stochastisch karakter hebben is het noodzakelijk meerdere observaties onder dezelfde kombinatie van kondities te maken en deze bij voorkeur ook nog door verschillende mensen.
Na het uitvoeren van de manoeuvres door "proefpersonen" (loodsen, kapiteins, stuurlieden en/of werkstudenten), waarbij de bediening van de simulator een dusdanige graad van vervolmaking bereikt heeft dat slechts één druk op de knop voldoende is om de volgende manoeuvre in te stellen, worden de resultaten geanalyseerd. Resultaten bestaan in dit geval uit samples van registraties van vaarbaan, roerhoek, schroeftoeren, snelheid, sleepbootkrachten e.d., tot een totaal van ongeveer 2000 getallen per manoeuvre.
De analyse wordt uitgevoerd door het computercentrum van het N.S.P. op een Cyber 6600. De uitkomsten van de analyse worden samen met grafieken van gemiddelden van registraties over te voren bepaalde kondities door de projektleider in een rapport verwerkt.
In ons voorbeeld is een mogelijke uitkomst dat we de kans op een overschrijding van de toegestane vaarwegbreedte voor de 600 meter brede havenmond gelijk is aan die van de 900 meter brede havenmond, doch dat de manoeuvres door de 600 meter brede havenmond een groter aantal roerbewegingen vergden.

Uit deze uitspraak blijkt dat konklusies zelden in de vorm van absolute waarderingen gegeven kunnen worden en altijd in de vorm van "de kans op .....".
Het moge bovendien duidelijk zijn dat deze voorstelling van de gang van zaken sterk gesimplificeerd is. Vele aspekten, en niet in het minst een bezettingsgraad van 96% per jaar, leiden er toe dat op organisatorisch en technisch vlak soms het onderste uit de kan gehaald moet worden.

RECENTE ONTWIKKELINGEN

Tot nu toe is slechts sprake geweest van één simulator. Hoewel een voorloper in zijn soort, en nog steeds tot voldoening van alle betrokkenen opererend werd toch besloten tot een unieke aanvulling.
Reeds lange tijd bestaat de mogelijkheid komplekse verkeerssituaties te onderzoeken door op de radar en via de VHF-radio koerskruisende schepen te introduceren. Deze schepen waren echter altijd "voor geprogrammeerd" hetgeen een onwerkelijk beeld oproept.

Sinds november 1976 is een tweede simulator in gebruik, in principe gelijk aan de eerste waarvan hierboven steeds sprake was, echter zonder buitenbeeldprojektie. Door koppeling van de radarbeelden en door een direkte VHF-radio verbinding kunnen beide gesimuleerde schepen nu onafhankelijk van elkaar en vrij bestuurd in hetzelfde gebied manoeuvreren. Na uitgebreid modelonderzoek in één van de waterbassins van het N.S.P. bleek zelfs mogelijk de gekompliceerde hydrodynamische interaktiekrachten die tussen beide schepen spelen als ze elkaar op enkele honderden meters naderen in het simulatie programma in te voeren.
Bij deze ontwikkeling ogenschijnlijk in het niet vallend is de toevoeging van een natuurgetrouwe boeggolfprojektie aan de "oude" simulator. Op zich echter ook een zeer waardevolle ontwikkeling, temeer daar stroomsnelheid en breedte van deze boeggolfprojektie afhankelijk zijn van de snelheid van het schip.

TOT SLOT

Nu u kennis gemaakt heeft met de scheepsmanoeuvreersimulator van het N.S.P. zal uw oog vaker vallen op berichten en berichtjes in de landelijke en ook internationale pers waarin sprake is van door het N.S.P. verricht onderzoek. Omdat bij sommigen wellicht een verdergaande interesse gewekt is en mede in verband met het ontbreken van literatuurverwijzingen bij dit artikel, is het goed te wijzen op een serie artikelen die, samengesteld door medewerkers van het N.S.P., op het ogenblik verschijnt in het populair wetenschappelijk maandblad "Natuur en Techniek".

Voordracht gehouden op 20 januari 1977 in het Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (no. 261) en de Benelux section IEEE.

HET HOE EN WAAROM VAN DE VACUUMSLEEPTANK

Ir. D.C. Boshuisen
Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation

The Depressurized Towing Tank is a testing facility of the Ship Powering Division of the Netherlands Ship Model Basin. This tank is specially built to study the behaviour of cavitation on propellers as well the effects caused by this cavitation on propellers and on the ship. This paper starts with describing the historical evolution of ship model testing which has culminated in building a depressurized towing tank.

Next the scaling laws which have to be fulfilled in order to make model tests meaningful and the various kind of tests, which are carried out in the above mentioned division are reviewed.

Finally, the cavitation observation techniques used in the depressurized towing tank are described. Since cavitation, occurring on rotating propellers is an unsteady phenomenon special attention is given to observation and recording techniques and their related sample frequencies.

1. PROEVEN MET SCHEEPSMODELLEN

Proeven met scheepsmodellen worden uitgevoerd om tijdig uitspraken te kunnen doen over eigenschappen van schepen op ware grootte.

In de achttiende eeuw werden reeds modelproeven uitgevoerd, het ging hierbij vooral om het vergelijken van de weerstand en de stabiliteit van verschillende typen schepen.

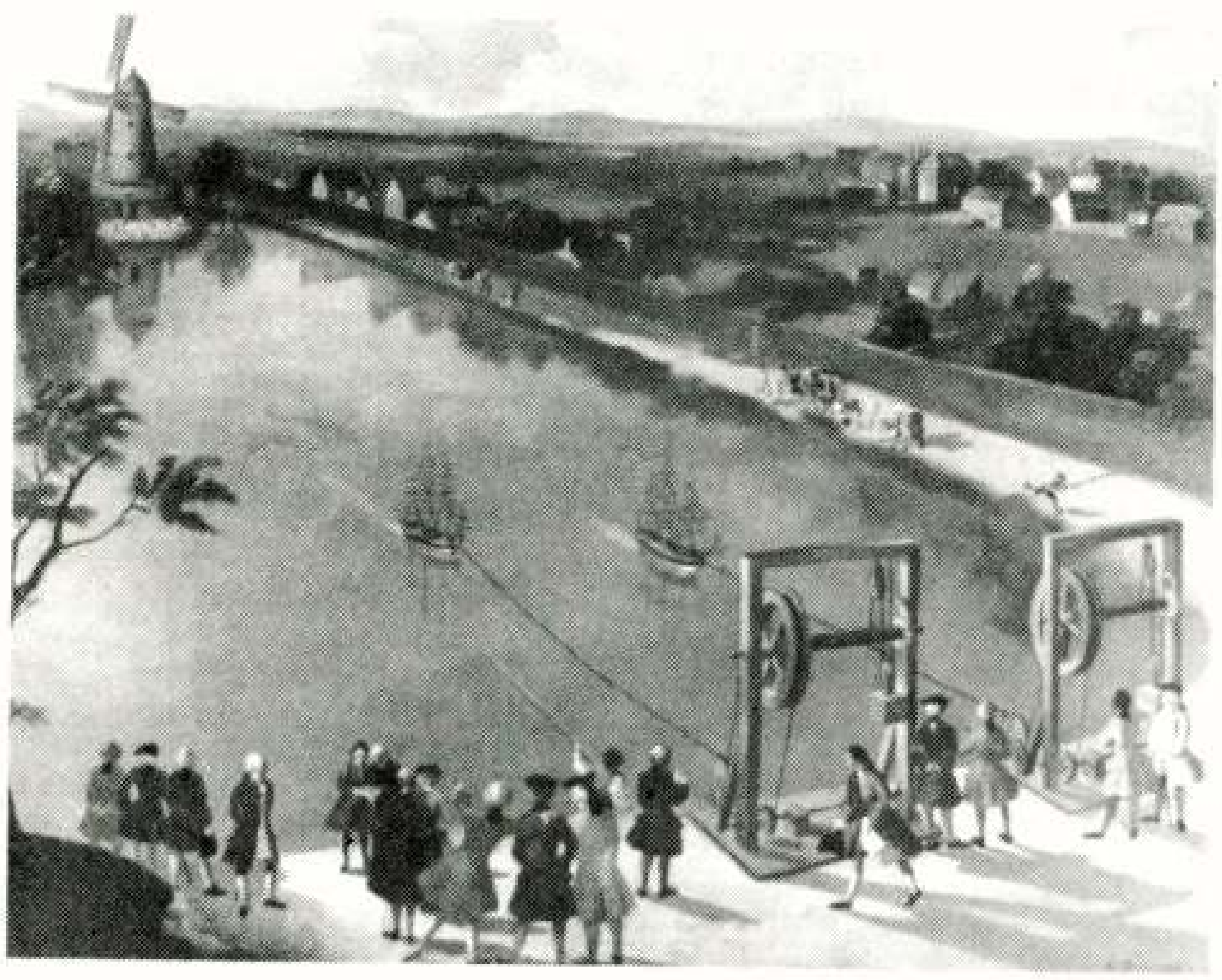


Fig. 1. Modelproeven 1761.

Figuur 1 toont een schilderij van een dergelijke vergelijkende proef uitgevoerd in 1761 in de "Peerless Pool" bij Old Street in de City of London.

Toen van wind als voortstuwingsbron overgegaan werd op mechanische voortstuwing ontstond de behoefte om, voordat het schip gebouwd werd, voorspellingen te doen over bijvoorbeeld de snelheid van het schip welke bereikt zou kunnen worden bij een bepaald geinstalleerd vermogen.

Deze behoefte heeft geleid tot de ontwikkeling van sleeptanks waarin modellen van schepen kunnen worden gesleept. Een man die baanbrekend werk verricht heeft op het gebied van modelproeven is William Froude. (1 , 2).

In 1870 kwam in Torquay (Engeland) de eerste sleeptank ter wereld tot stand, die al snel gevolgd werd door een sleeptank in Amsterdam, die echter in 1890 weer werd gesloten.

In 1932 werd de eerste sleeptank van het NSP, de diepwatertank, in gebruik genomen. Deze tank is nu nog in vrijwel dezelfde vorm in werking als in 1932. In de diepwatertank worden in hoofdzaak de weerstand en voortstuwingseigenschappen van scheepsmodellen onderzocht.

In 1941 werd op het NSP een cavitatietunnel in gebruik genomen. In een cavitatietunnel wordt het cavitatiegedrag van een schroef onderzocht. Dit cavitatieverschijnsel is niet in de diepwatertank direct tijdens een voortstuwingsproef te onderzoeken omdat de combinatie van de verschillende schaalregels in deze tank niet mogelijk is. In hoofdstuk 2 wordt nader op deze schaalwetten ingegaan.

Om cavitatie en de verschijnselen samenhangende met cavitatie toch achter een model te

kunnen bestuderen is in 1972 de vacuümtank (zie Fig. 2) gebouwd.

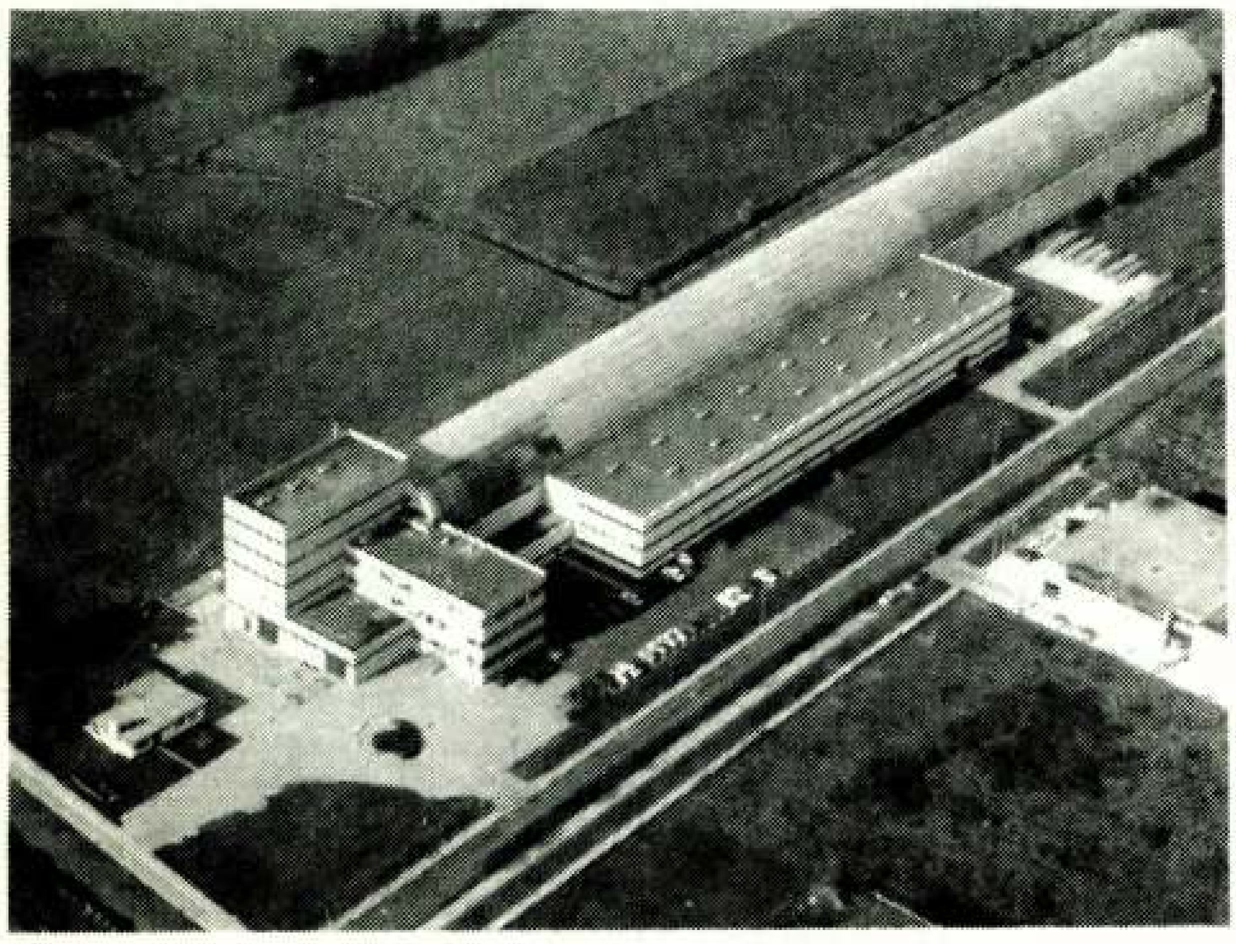


Fig. 2. Vacuümsleeptank

In de vacuümtank kan de luchtdruk ingesteld worden, waardoor de mogelijkheid ontstaat om de verschillende schaalregels tegelijk toe te passen.

De faciliteiten diepwatertank, cavitatietunnels en vacuümtank vormen op het NSP de divisie "Ship Powering".

Deze publicatie zal zich beperken tot de proeven die in deze divisie worden uitgevoerd. Speciale aandacht zal worden besteed aan de vacuümsleeptank en aan de in de vacuümtank in gebruik zijnde observatietechnieken.

2. SCHAALWETTEN EN PROEVEN

2.1. Eisen voor weerstands en voortstuwingsproeven.

Om de weerstand van schepen en om de voortstuwingseigenschappen van schip/schroef combinaties op modelschaal te onderzoeken moet aan de volgende eisen worden voldaan.

2.1.1. Geometrische gelijkvormigheid. Dit vereist geen toelichting alleen voor condities als ruwheid en nauwkeurigheid zijn afspraken gemaakt.

2.1.2. Kinematische gelijkvormigheid. De verhouding tussen de snelheden waarmee verschillende delen van het model ten opzichte van de vloeistof bewegen moeten dezelfde zijn als die tussen de overeenkomstige snelheden voor het schip.
of:

$$\frac{V_m}{n_m D_m} = \frac{V_s}{n_s D_s} \qquad (1)$$

V = snelheid $(m.s^{-1})$
n = toerental schroef (s^{-1})
D = diameter schroef (m)
index m = model
index s = schip

2.1.3. Dynamische gelijkvormigheid.

2.1.3.1. Verhouding traagheidskracht-zwaartekracht. De verhouding tussen een significante traagheidskracht en de zwaartekracht moet dezelfde waarde hebben bij het model als de overeenkomstige verhouding bij het schip.

$$\text{of: } \frac{V_m^2}{gLm} = \frac{V_s^2}{gLs}\,, \qquad (2)$$

L = lengtemaat (m),
g = versnelling t.g.v. de zwaartekracht $(m.s^{-2})$

$\frac{V}{\sqrt{gL_m}}$ wordt het Froude getal genoemd.

Uit (1) en (2) volgt:

$$n_m = n_s\sqrt{\lambda} \qquad (3)$$

$$\text{en } V_m = V_s/\sqrt{\lambda} \qquad (4)$$

$$\text{met } \lambda = \frac{L_s}{L_m} = \frac{D_s}{D_m}$$

De essentie van het betrekken van de zwaartekracht bij de gelijkvormigheid vloeit voort uit het feit dat de oppervlakteverschijnselen bepaald worden door de zwaartekracht.

2.1.3.2. Verhouding traagheids- viskeuze krachten De verhouding tussen een significante traagheidskracht en een significante viskeuze kracht moet dezelfde waarde hebben bij het model als de overeenkomstige verhouding bij het schip.

$$\text{of: } \frac{\rho V_m L_m}{\mu} = \frac{\rho V_s L_s}{\mu} \qquad (5)$$

ρ = dichtheid water $(kg.m^{-3})$
μ = viscositeit water $(kg.m^{-1}.s^{-1})$

$\frac{\rho VL}{\mu}$ wordt het getal van Reynolds genoemd.

(5) geeft: $V_m L_m = V_s L_s$

met $\lambda = \frac{Ls}{Lm}$ wordt dit:

$$V_m = V_s \cdot \lambda \qquad (6)$$

(6) is in tegenspraak met (4).

Het is dus onmogelijk om bij modelproeven gelijktijdig te voldoen aan de eis van een gelijk Froudegetal (verhouding traagheidskracht-zwaartekracht) en aan de eis van een gelijk Reynoldsgetal (verhouding traagheidskracht-viskeuze kracht).

Bij proeven aan scheepsmodellen wordt altijd voldaan aan de eis van gelijk Froudegetal. De schaaleffecten die ontstaan door het niet kunnen voldoen aan de eis van gelijk Reynoldsgetal worden bij voortstuwingsproeven in rekening gebracht door correcties toe te passen.

2.2. Proeven in conventionele sleeptanks.

Onder de geformuleerde eisen van

1) Geometrische gelijkvormigheid
2) Kinematische gelijkvormigheid
3) Dynamische gelijkvormigheid

kunnen de volgende proeven in de diepwatertank worden uitgevoerd.

2.2.1. Weerstandsproef. De eenvoudigste proef op modelschaal is de weerstandsproef, met deze proef kan de weerstand van het met het model corresponderende schip berekend worden.

Door van één model van verschillende configuraties de weerstand te meten kan van een scheepsromp de weerstand geminimaliseerd worden.

2.2.2. Voortstuwingsproef. Door proeven uit te voeren waarbij het model voorzien is van een aangedreven modelschroef kan men voorspellingen doen van het te installeren vermogen voor het bereiken van een gewenste proeftochtsnelheid.

Mede met behulp van de opgebouwde statistiek van schaaleffecten, ruwheids- en windweerstandscorrecties is het mogelijk voorspellingen te doen met een nauwkeurigheid van 0.2 knoop.

2.2.3. De vrijvarende proef. Bij deze proef worden de eigenschappen van een schroef in een homogeen snelheidsveld (dus niet achter een schip) getest.

Gemeten worden de geleverde stuwkracht en het opgenomen koppel bij een aantal snelheids/toerentalcombinaties.

2.2.4. Stroomlijnproeven. Voor het onderzoek aan schepen kan het van belang zijn de stroming op bepaalde plaatsen te bekijken, met verschillende methoden worden de stroomlijnen zichtbaar gemaakt of gemeten.

2.2.5. Volgstroommetingen. De schroef ontmoet achter een schip een snelheidsveld dat bepaald wordt door de vorm van het schip. De "volgstroom" wordt gebruikt als één van de uitgangspunten voor een schroefontwerp. Het snelheidsveld wordt in het vlak van de schroef in drie richtingen gemeten.

2.3. Eisen voor cavitatieproeven

Cavitatie is een dynamisch proces waarbij met damp gevulde bellen in de vloeistof ontstaan op plaatsen waar de druk daalt tot de dampspanning van de vloeistof.

Bij modelproeven moet voldaan worden aan de eis van gelijk cavitatiegetal. Het cavitatiegetal wordt als volgt gedefinieerd:

$$\sigma_n = \frac{p_o - p_v + \rho g h}{\frac{1}{2}\rho D^2 n^2} \qquad (7)$$

p_o = omgevingsdruk (Nm^{-2})
p_v = dampspanning (Nm^{-2})
ρ = dichtheid (kgm^{-3})
D = diameter schroef (m)
n = toerental schroef (s^{-1})
g = versnelling t.g.v. de zwaartekracht (ms^{-2})
h = onderdompeling van de schroef (m),

dus:

$$\sigma_{nm} = \sigma_{ns}:$$

$$\frac{p_{om} - p_{vm} + \rho_m g h_m}{\frac{1}{2}\rho_m D_m^2 n_m^2} = \frac{p_{os} - p_{vs} + \rho_s g \lambda h_m}{\frac{1}{2}\rho_s D_m^2 \lambda^2 n_s^2}$$

of

$$p_{om} - p_{vm} = \frac{\rho_m n_m^2}{\rho_s \lambda^2 n_s^2}(p_{os} - p_{vs}) + \rho_m g h_m \left(\frac{n_m^2}{\lambda n_s^2} - 1\right), \qquad (8)$$

Onder de conditie (3) volgend uit de eis van een gelijk Froudegetal $n_m = n_s\sqrt{\lambda}$ geldt voor alle h_m:

$$p_{om}-o_{vm} = \frac{\rho_m(p_{os}-p_{vs})}{\rho_s \quad \lambda} \qquad (9)$$

2.4. Proeven in de cavitatietunnels

In de cavitatietunnels waar oppervlakteverschijnselen niet meer onderzocht kunnen worden, (gelijk Froudegetal heeft dan dus geen zin meer) en waar bovendien de schroef los van het model wordt onderzocht, wordt om praktische redenen door een geschikte keuze van (p_o-p_v) en het toerental het juiste cavitatiegetal ingesteld. Uit betrekking (8) volgt dat, omdat $n_m \neq n_s\sqrt{\lambda}$ dit cavitatiegetal slechts op één punt juist is.

Onder de eisen van:

1. geometrische gelijkvormigheid,
2. kinematische gelijkvormigheid,
3. gelijk cavitatiegetal (op één punt),

worden in hoofdzaak de volgende proeven in de cavitatietunnels uitgevoerd.

2.4.1. Het bestuderen van het cavitatiegedrag van de schroef. Cavitatie gaat in vele gevallen gepaard met erosie van de schroef, bovendien kan cavitatie trillingen en lawaai veroorzaken. De schroef wordt hetzij in een homogeen hetzij in een aangepast snelheidsveld (wat dat van het schip zo goed mogelijk simuleert) beproefd. De cavitatie wordt door middel van observatie beoordeeld.

2.4.2. Erosieproeven. Dit zijn in feite duurtesten waarbij onderzocht wordt of er erosie t.g.v. cavitatie optreedt, waar deze erosie optreedt en in welke mate.

2.5. Proeven in de vacuümtank

In de vacuümtank kunnen de proeven worden uitgevoerd onder condities die voldoen aan de eisen van:

1. geometrische gelijkvormigheid,
2. kinematische gelijkvormigheid,
3. dynamische gelijkvormigheid,
4. gelijk cavitatiegetal.

Uit 1, 2 en 3 volgen de vorm van de scheeps- en schroefmodellen, de snelheid van het schip en het toerental van de schroef.

Met deze gegevens wordt m.b.v. vergelijking (9) in 2.3 de omgevingsdruk bepaald waarbij de proeven moeten worden uitgevoerd.

De gehele sleeptank wordt in deze onderdruktoestand gebracht, Fig. 3 en 4 geven respectievelijk een opengewerkte tekening en een binnenaanzicht van de vacuümtank.

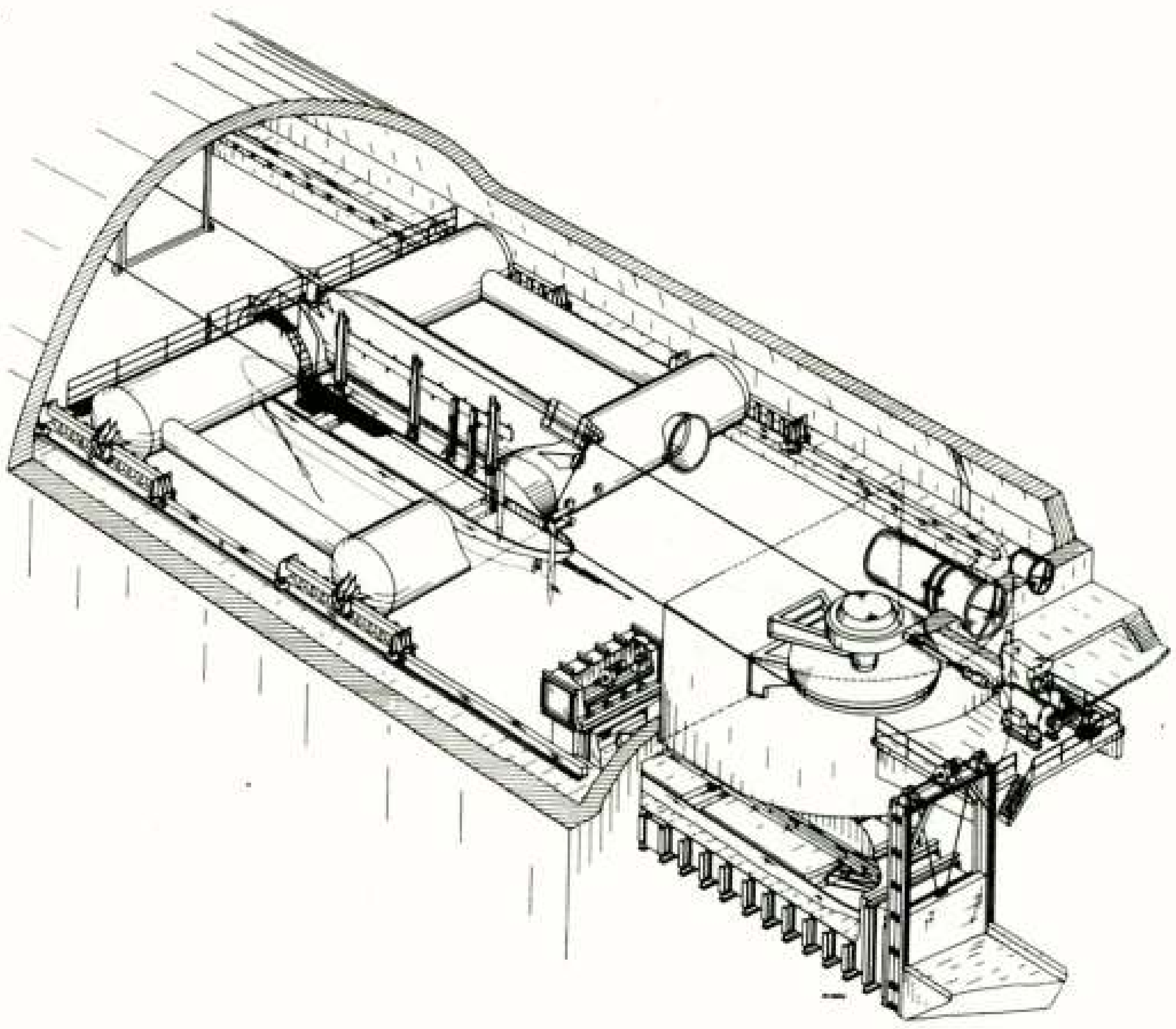


Fig. 3. Opengewerkte tekening vacuümsleeptank.

Een betere naam voor vacuümtank is variabele druk tank. In deze tank kunnen dus zowel alle effecten van schroef en schip afzonderlijk als de interactieeffecten tussen schroef en schip worden onderzocht.

In de vacuümtank kunnen de volgende proeven worden uitgevoerd.

2.5.1. Alle proeven die in de DWT kunnen worden uitgevoerd (zie 2.2)

2.5.2. Alle proeven, met uitzondering van de erosieproeven, die in de CT kunnen worden uitgevoerd (zie 2.4)

De schroef bevindt zich in de VT achter het model, dus in de echte volgstroom. Om diverse redenen worden de modellen in de VT groter gekozen dan de modellen in de DWT.

In de VT kunnen modellen van 12 à 13 m lengte beproefd worden. De schaal varieert van 1:30 (de grootste tankers, containerschepen)

tot 1:1 (o.a. van torpedo's).

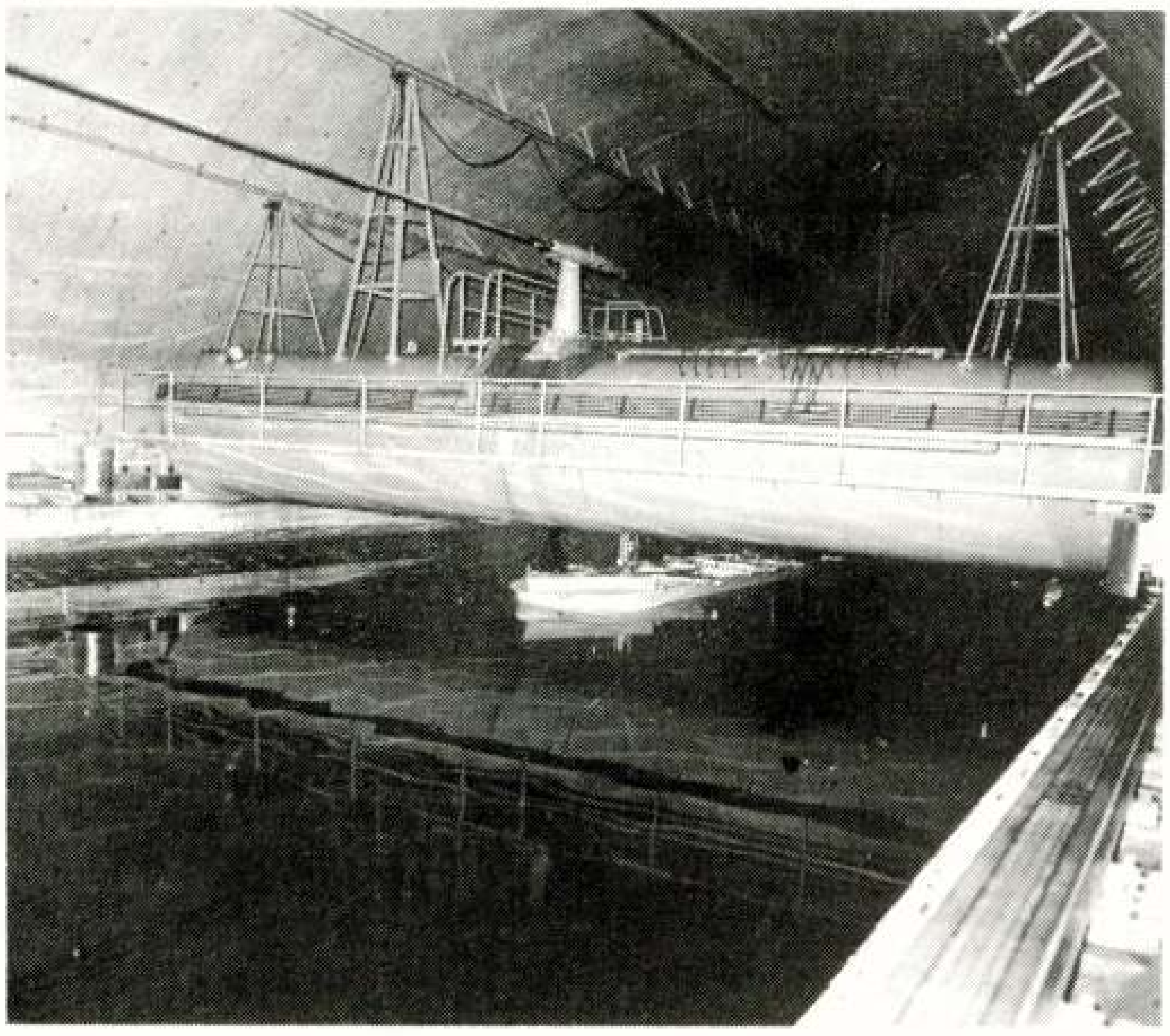


Fig. 4. Binnenaanzicht vacuümsleeptank.

De cavitatie wordt door middel van observatie beoordeeld. In Hoofdstuk 3 wordt nader ingegaan op observatie- en registratietechnieken.

2.5.3. Drukmetingen. De caviterende schroef veroorzaakt drukfluctuaties op de huid van het schip. Bij veel moderne schepen leiden deze drukfluctuaties tot onaanvaardbare trillingsniveau's.

Bij een model kunnen in ongeveer 20 punten op de huid boven de schroef de drukken gemeten worden. Uit deze gemeten drukken kunnen de excitatieniveau's op ware grootte worden voorspeld.

2.5.4. Geluidsmetingen. De akoestische eigenschappen van een caviterende schroef kunnen een belangrijke rol spelen bij positionering, detectie, enz.

In de VT worden metingen gedaan om te komen tot schroefontwerpen die zo weinig mogelijk geluid produceren.

3. CAVITATIEOBSERVATIES

Zoals in Hoofdstuk 2 reeds is gesteld treedt cavitatie daar op waar de druk zover gedaald is dat de vloeistof de kracht niet meer op kan nemen waardoor de vloeistof openbarst en met damp gevulde holten ontstaan. Cavitatie treedt bij schepen in hoofdzaak bij de draaiende schroef op, maar ook vooral bij snelle schepen kunnen aspoten, roeren, e.d. ook gaan caviteren.

Het meten van cavitatie is in tegenstelling tot bijv. het meten van gevolgen van cavitatie, als drukmetingen en geluidsmetingen, een globale meting.

De caviteit moet aan de hand van optische registraties, zoals foto's film of video, worden beoordeeld. Deze publicatie beperkt zich tot het verder beschrijven van deze globale metingen.

3.1. Directe waarneming

Indien het te bestuderen cavitatieverschijnsel optreedt aan de tip van een schroef met diameter .3m die 10 omwentelingen per seconde maakt (normale experimentele condities) dan beweegt het verschijnsel met een snelheid van 10 m/s.

Het heeft dus geen zin om met continu licht de schroef te observeren. Om een indruk te krijgen van het verschijnsel worden eisen gesteld aan de tijd dat dit verschijnsel wordt belicht. Wil de bewegingsonscherpte niet de waarneming beinvloeden dan mag de beweging tijdens de belichting niet groter zijn dan tienden van millimeters wat tot een belichtingstijd van ca. 20µs leidt.

Door deze lichtflitsen door een puls van de schroefas te sturen zodanig dat de schroef steeds op dezelfde positie (bijv. 0°) wordt belicht, wordt bij directe waarneming door de traagheid van het oog een continu beeld gesimuleerd. (stroboscopisch belichten).

Door het inbouwen van een instelbare tijdsvertraging tussen de door de schroefas gegeven puls en de te geven lichtflits kan de schroef op willekeurige standen worden "stilgezet".

Bij de cavitatietunnels waar de wanden van de tunnel voorzien zijn van transparante vensters kan de cavitatie direct worden beoordeeld.

Deze methode is in de VT niet direct toepasbaar, immers het aanwezig zijn in de tank onder experimentele condities is niet mogelijk.

Een essentieel verschil bij de waarneming tussen de cavitatietunnels en de vacuümtank is ook de beschikbare observatietijd. Bij de cavitatietunnel is deze tijd technisch niet gelimiteerd, bij de vacuümtank moet tijdens het varen geobserveerd worden, de tijd wordt door de lengte van de tank beperkt. (De beschikbare tijd ligt in de orde van 60s.).

Voor de directe waarneming wordt in de VT gebruik gemaakt van periscopen die vanuit de sleepwagen, waarin normale atmosferische omstandigheden heersen, kunnen worden bediend.

De schroef bevindt zich t.o.v. de wagen altijd op een vaste plaats onder een vaste stroboscoop (max. flitsfrequentie 100 Hz; flitsduur 20 μs intensiteit 75 J).

De periscoop die de schroef aan de voorzijde, de zuigzijde, kan bekijken, wordt in het model gestoken, de waarnemer kijkt dan door een transparant gedeelte van het achterschip (zie Fig. 5).

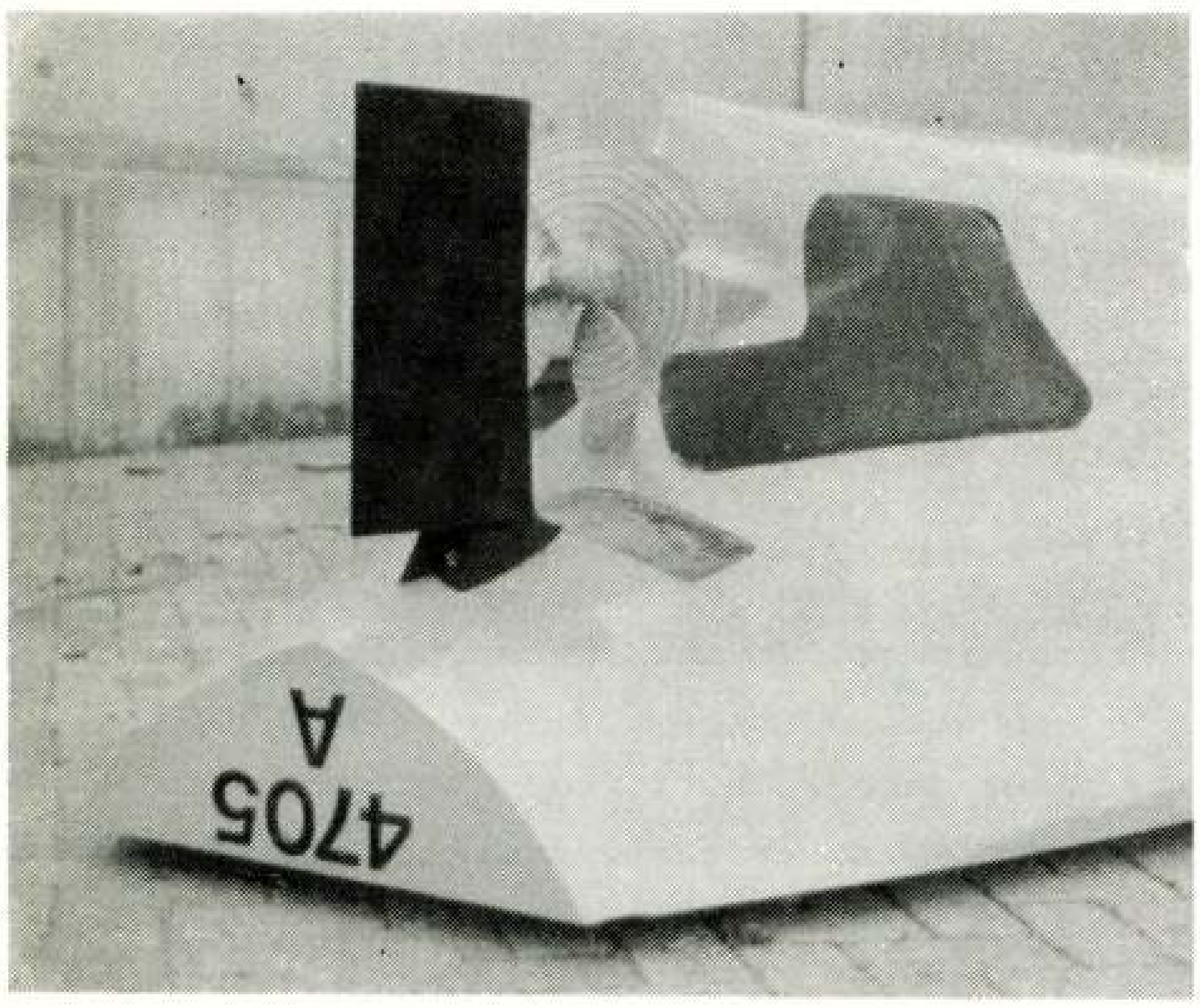


Fig. 5. Model met observatievensters.

De periscoop waarmee de waarnemer naar de achterzijde van de schroef. de drukzijde, kan kijken steekt op voldoende afstand achter het schip in het water.

De directe waarneming met stroboscopische belichting suggereert een statisch beeld, in feite is de waarneming een dynamische meting met een samplefrequentie gelijk aan de flitsfrequentie (orde 10 Hz) waarbij enkel de omstandigheden, afgezien van niet-stationaire stromingsverschijnselen, identiek zijn.

De waarneming die dus in feite een middeling is geeft vaak voldoende informatie.

Nadelen van het periscoopsysteem zijn:

1. informatieverlies door optisch systeem (de periscoop bestaat uit ongeveer 36 optische eenheden als lenzen en prisma's), waardoor registratie met voldoende kwaliteit niet goed mogelijk is.
2. star systeem, het scheepsmodel moet geschikt zijn.
3. bemanning van de sleepwagen noodzakelijk.

Deze nadelen hebben ertoe geleid dat de periscopen nog slechts als aanvullend systeem worden gehanteerd.

<u>3.2. Indirecte waarneming met stroboscopische belichting</u>.

Willen we het verschijnsel nader bestuderen dan moeten we het registreren. Achtereenvolgens worden verschillende systemen in volgorde van toenemende mogelijke samplefrequentie behandeld. Deze systemen kunnen alle via een computerprogramma gestuurd worden.

<u>3.2.1. Fotografie</u>. M.b.v. fotocamera's die in het model geplaatst worden kunnen op afstand bediend foto's gemaakt worden. Zie Fig. 6. De maximale samplefrequentie is ± 2 Hz.

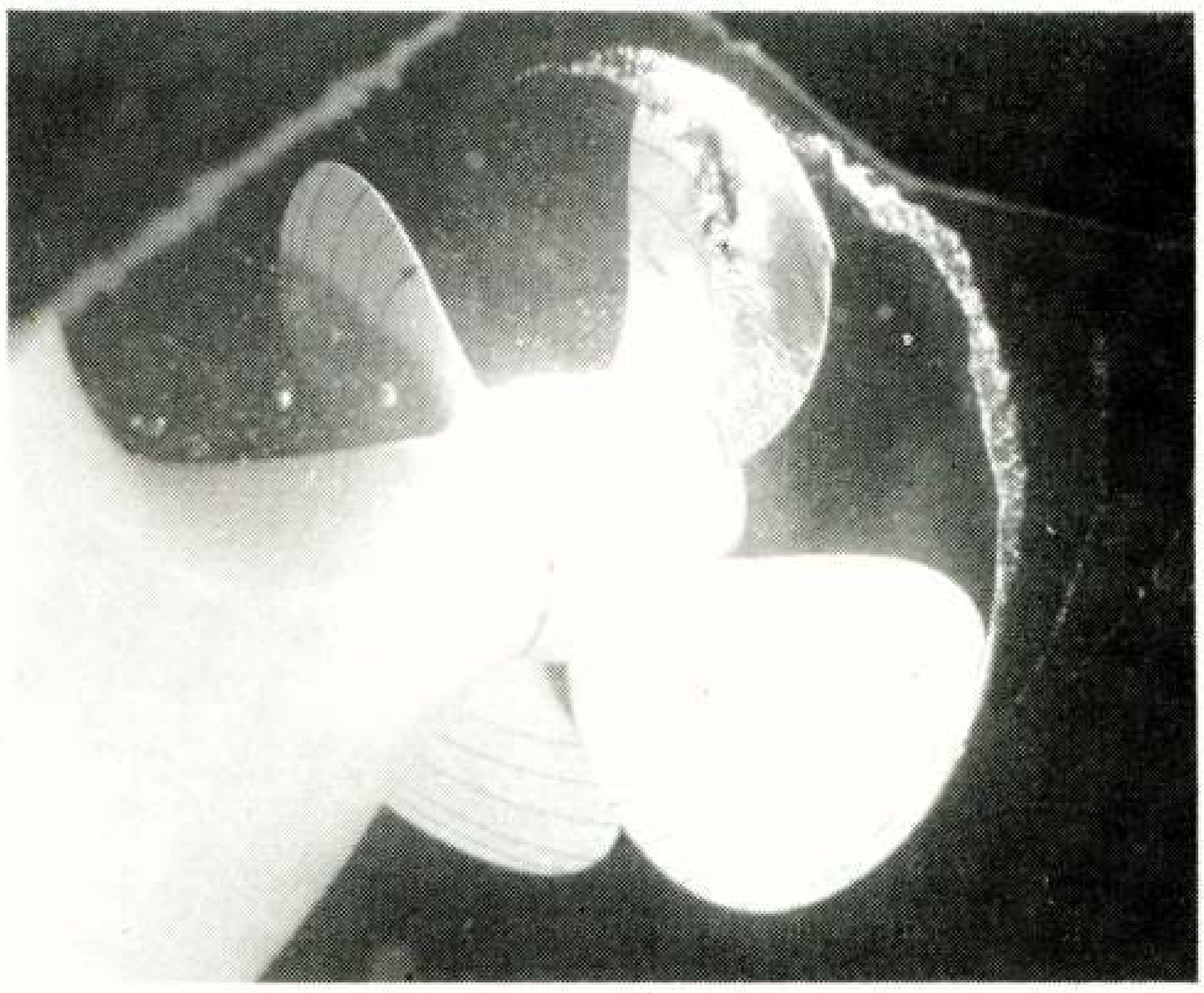


Fig. 6. Caviterende schroef.

3.2.2. Video. Het gebruik van video wordt beperkt doordat de vaste scanfrequentie van video (25 Hz) niet gelijk is aan de flitsfrequentie van de stroboscoop (orde 10Hz bij asfrequente belichting).

Bij asfrequente belichting ontstaan na elk belicht beeld enkele niet belichte beelden waardoor een onrustig videobeeld ontstaat. Bovendien ligt het moment waarop de video "scant" meestal niet gelijk aan het moment dat het beeld belicht wordt, waardoor gedeelde beelden kunnen ontstaan.

De enige oplossing bij de huidige stand van de videotechniek ligt in het ter beschikking stellen van informatie met een frequentie veel hoger dan 25 Hz., deze oplossing wordt gegeven door niet als bij de directe waarneming steeds hetzelfde blad te belichten, maar door elk blad te belichten, een vijfbladsschroef levert dan een samplefrequentie in de orde van 50 Hz.

Voordelen van de video zijn:

1. grotere hoeveelheid informatie (25 Hz.)
2. mogelijkheid tot directe kwaliteits beoordeling.
3. minder licht nodig dan systemen die met filmmateriaal werken.

Nadelen van de video zijn:

1. een videobeeld kan minder informatie geven dan een foto of film (beperkt oplossend vermogen (zie Fig. 7).
2. video is niet gestandariseerd, er bestaan diverse systemen naast elkaar. Het systeem dat op het NSP gebruikt wordt is het systeem volgens de Amerikaanse EIA norm 60 Hz. 525 lijnen.
   oplevering
   aan de Europese opdrachtgevers.
3. zwart-wit, toepassing van kleurenvideo is vooral door de kosten en door de afmetingen van de camera's op dit moment voor de VT niet interessant.

3.2.3. Filmen (16 mm). Hierbij wordt het filmtransport extern gestuurd door de schroefaspuls, c.q. door de schroefaspuls * het aantal bladen.

Met filmen is het mogelijk te samplen met een frequentie gelijk aan de bladfrequentie (orde 50 Hz.).

Een nadeel van filmen t.o.v. video is de lange cyclustijd tussen de opname en de mogelijkheid tot kwaliteitsbeoordeling.

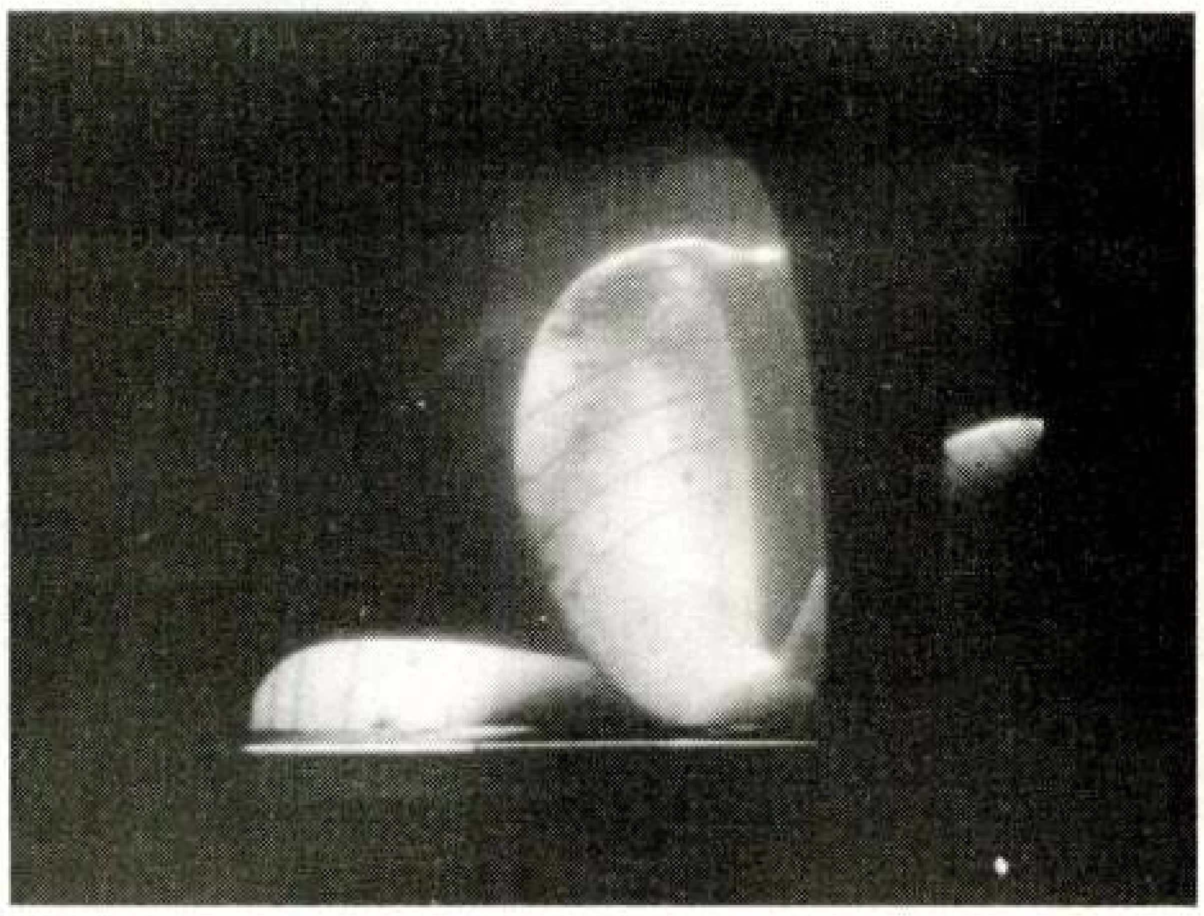


Fig. 7. Videoopname caviterende schroef.

3.3. Indirecte waarneming met continubelichting.
De bezwaren van alle vorige systemen is dat afgezien van de vrijwel identieke experimentele omstandigheden steeds een ander sample van het dynamische verschijnsel cavitatie wordt genomen, het dynamisch verschijnsel kan alleen beschreven worden door een middeling van onderling onafhankelijke samples. Willen we het verschijnsel vanaf het ontstaan via de groei tot het imploderen volgen dan is continu registreren de enige goede methode.

De eis van bewegingsscherpte en continuiteit leiden tot een samplefrequentie in de orde van 10.000 Hz.

Fig. 8 geeft een voorbeeld van een continu registratie door gebruik te maken van een high-speed film camera met een opnamesnelheid van 10.000 beelden per seconde. Met de door het NSP gebruikte verlichtingstechniek is het mogelijk om gedurende .2s te filmen In deze tijd heeft de schroef 2 omwentelingen gemaakt.

De verlichtingstechniek berust op het gebruik van conventionele magnesiumflitslampen die zo snel achterelkaar worden ontstoken, dat een continu lichtbron ontstaat. De zo verkregen lichtbron heeft een intensiteit die overeenkomt met een lichtbron met een opgenomen vermogen

van 50 kW.

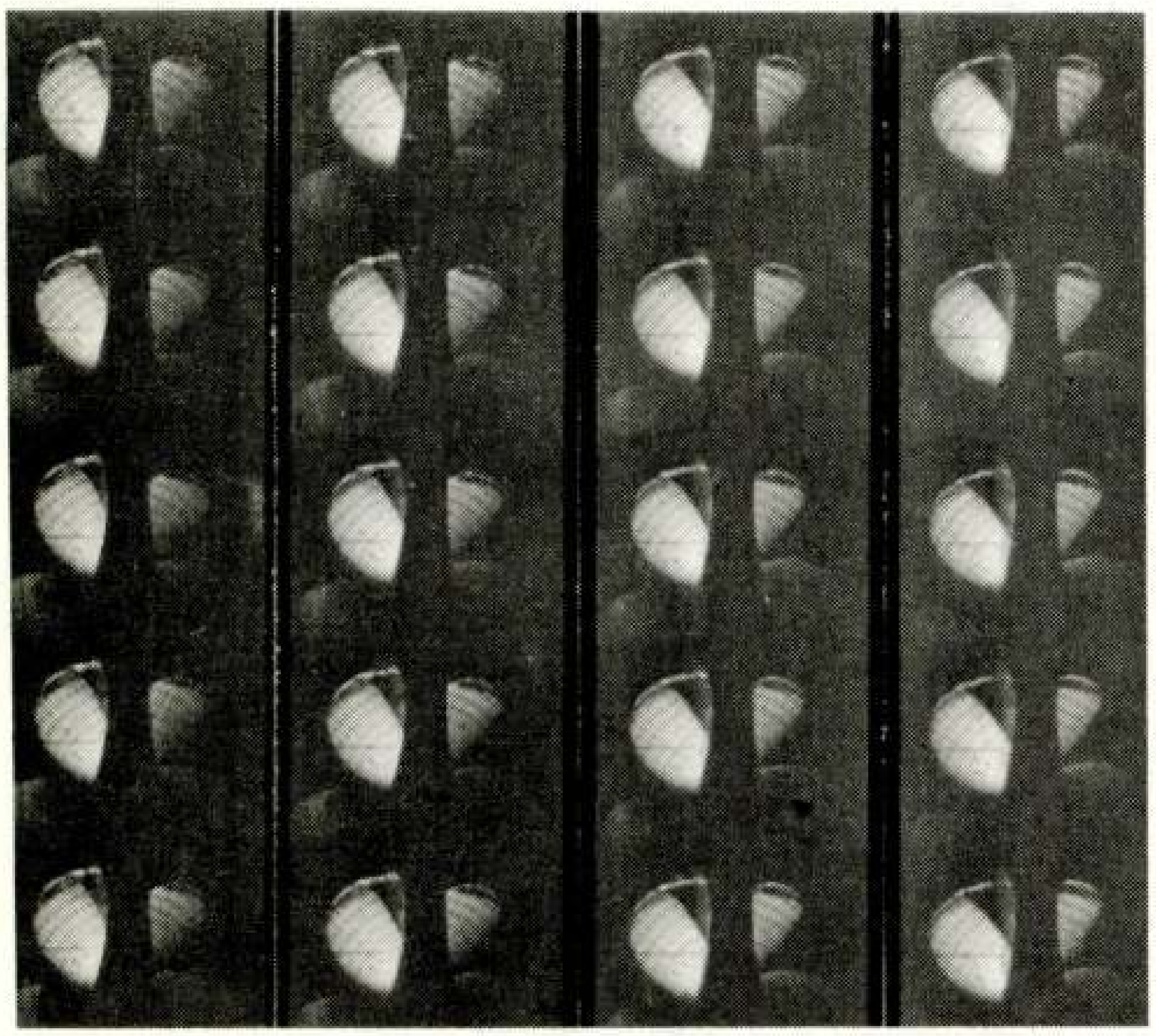


Fig. 8. Enkele opeenvolgende high-speed opnamen.

3.4. Stereoforogrammetrie

Tot slot wordt een vorm van cavitatieobservatie behandeld, waarmee het mogelijk is de dikte van de caviteit te meten.

3.4.1. Principe stereoscopie.

Het stereoscopisch meten berust op het principe dat beelden die met twee camera's worden opgenomen volgens het principe afgebeeld in Fig. 9, kleine onderlinge verschillen vertonen afhankelijk van de stereobasis van de voorwerpafstand en van de diepte (c.q. de dikte) van het opgenomen voorwerp.

De kleine onderlinge verschillen heten parallaxen.

Als men de gemiddelde voorwerpafstand V, de beeldafstand b en de stereobasis B kent, moet de gemeten parallax $(Q_LQ_R - P_LP_R)$ met de factor $\frac{V^2}{bB}$ vermenigvuldigd worden om de voorwerpdiepte te verkrijgen.

De stereofotoopnamen worden gemaakt met speciale opnameapparatuur die met volkomen vertekeningsvrije lenzen werkt , de opnamen worden gemaakt op glasplaten van 9x12 cm.

Het opmeten van de dikte vanaf de negatieven gebeurt met speciale verwerkingsapparatuur (fabrikaat Zeiss).

Fig. 10 geeft het resultaat van een gemeten dikteverdeling van een caviteit in lijnen van constante dikte opgemeten van het stereopaar als afgebeeld in Fig. 11.

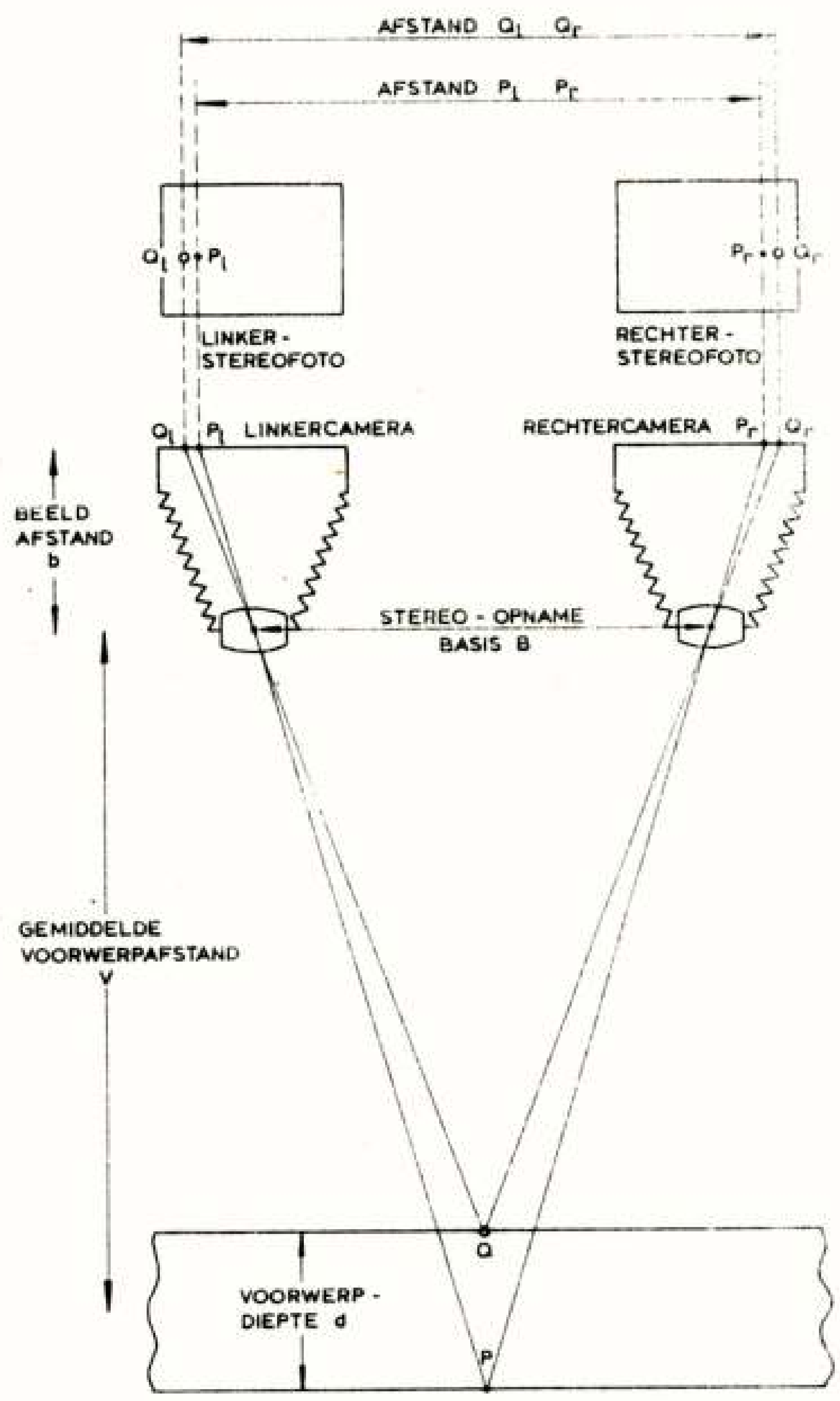


Fig. 9. Principe stereoscopie.

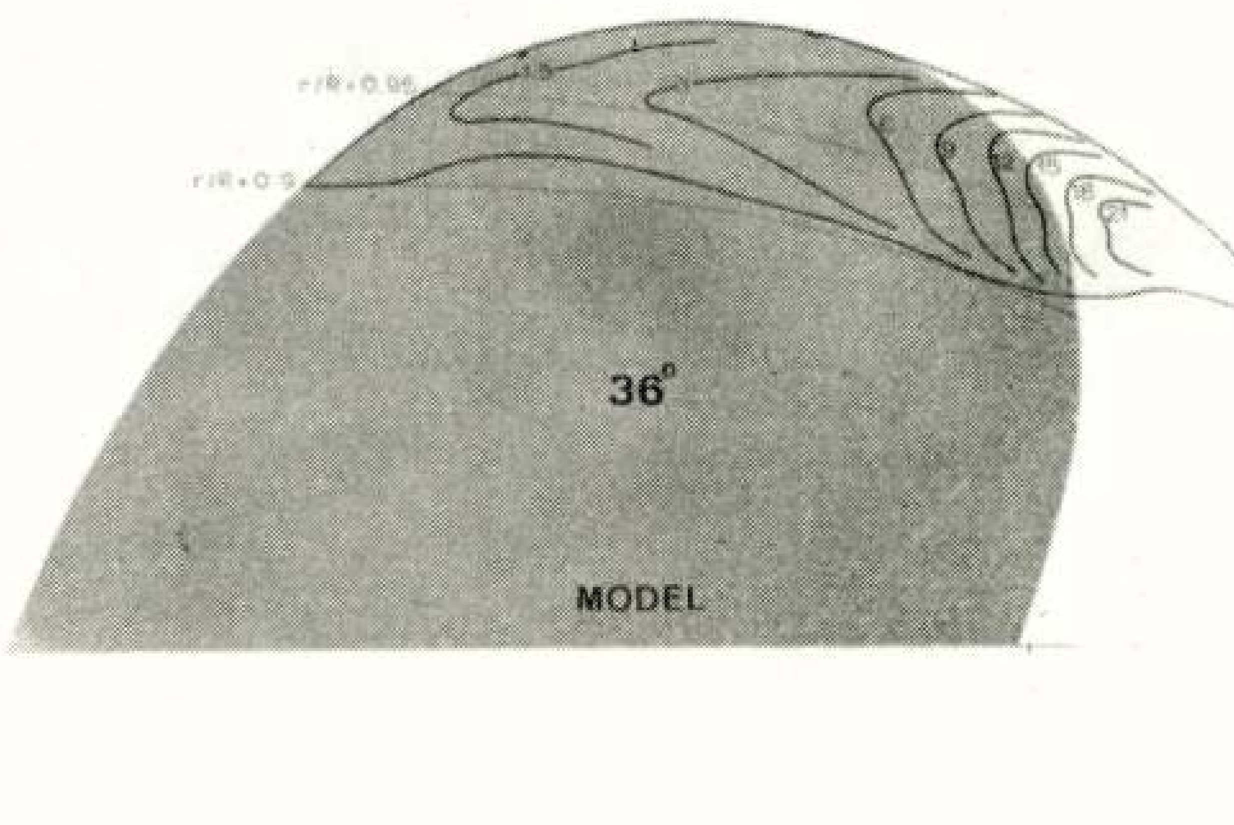


Fig. 10. Topologie van een caviteit. (volle schaalwaarden in centimeters)

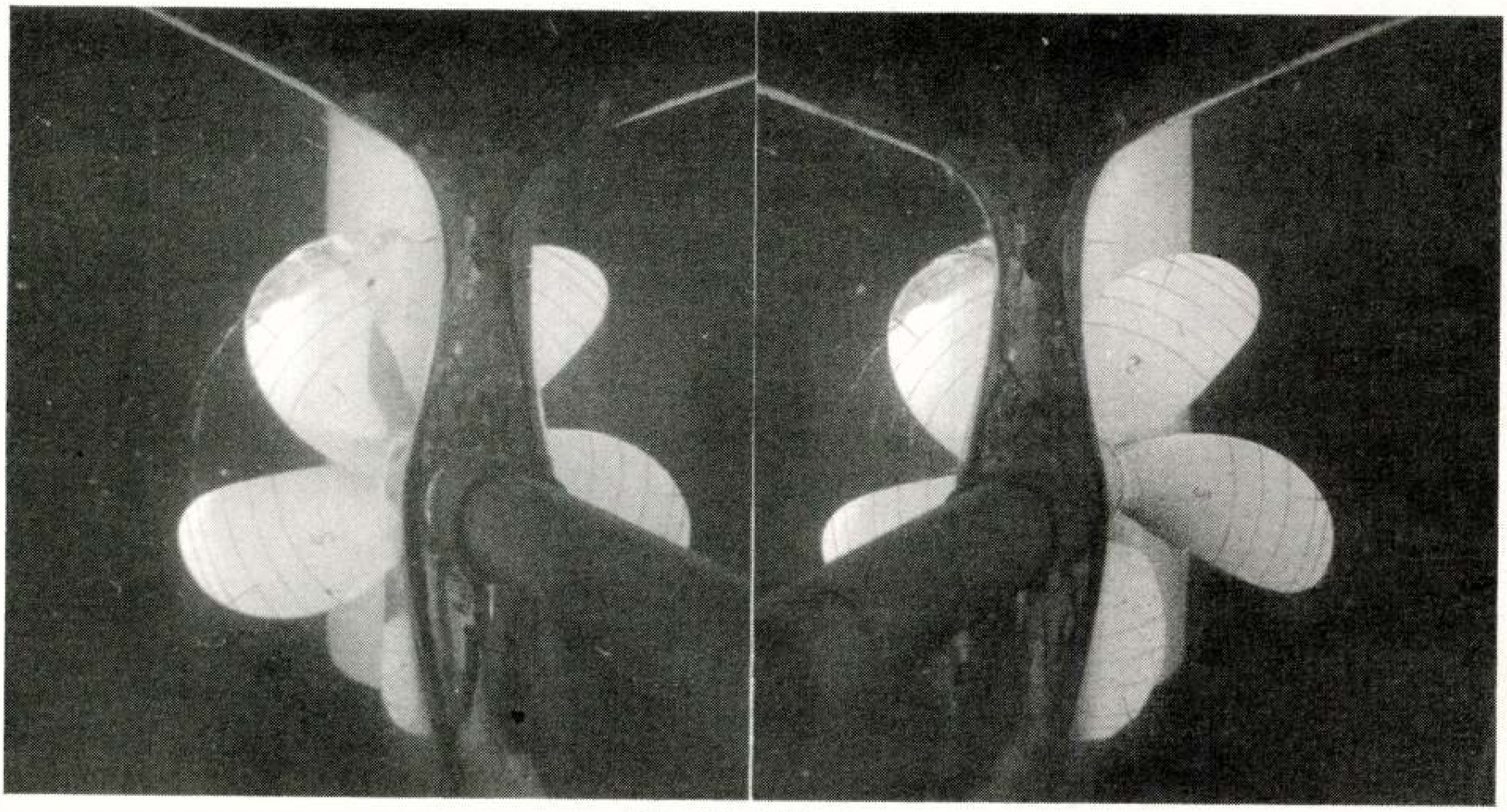


Fig. 11. Stereopaar.

Literatuur:

1. Froude, W.: "Experiments on the surface friction experienced by a plane moving through water". Report British Association for the advancement of science, 1872.

2. Froude, W.: "Reports to the Lords Commissioners of the Admiralty of Experiments for the determination of the frictional resistance of water of a surface under various conditions". Report British Association for the advancement of science, 1874.

Voordracht gehouden op 20 januari 1977 in het Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (no. 261) en de Benelux section IEEE.

BIOMEDISCH-TECHNISCHE AKTIVITEITEN VAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN

Prof.dr.ir. J.E.W. Beneken

De Technische Hogeschool Eindhoven heeft een achttal afdelingen: Werktuigbouwkunde, Natuurkunde, Elektrotechniek, Scheikunde, Bouwkunde, Bedrijfskunde, Wijsbegeerte en Maatschappijwetenschappen en een onderafdeling Wiskunde. Binnen al deze afdelingen zijn medewerkers en studenten betrokken bij aktiviteiten, die gericht zijn op het biomedische veld.
Deze aktiviteiten kunnen zijn: ontwikkelen van meetopnemers en meetmethoden, modelstudies, materiaalonderzoek, beheersing van het binnenmilieu, organisatieproblemen, analyse van lichaamsvloeistoffen etc.
Dit onderzoek gebeurt vanuit de specifieke deskundigheid die in de diverse afdelingen aanwezig is, meestal in direkte relatie met medewerkers uit biomedische instellingen.

Sinds augustus 1975 bestaat aan de Technische Hogeschool Eindhoven een Beleidscommissie voor Biomedische en Gezondheidstechniek; Prof.dr. J.F. Schouten is voorzitter. Deze commissie is ingesteld door het College van Bestuur van deze TH en steunt op de zgn. levende kernen binnen de afdelingen. Dat zijn de medewerkers die binnen hun afdeling de wetenschappelijke aspekten van hun onderzoek bespreken en een verbindingsfunktie hebben tussen de vakgroeps- en afdelingsbesturen en de Beleidscommissie.

De Beleidscommissie BMGT is dus een horizontale struktuur in deze TH-gemeenschap die in hoofdzaak vertikaal georganiseerd is. De taken van deze beleidscommissie omvatten het voorbereiden, stimuleren, coördineren en ondersteunen van alle BMGT-aktiviteiten t.w. onderzoek, onderwijs en adviezen. Ook is vanuit de studenten een biomedisch-technische werkwinkel georganiseerd.

Ten behoeve van algemeen oriënterend en onderbouwend onderwijs is een schema uitgewerkt voor een keuzestudie-blok bestaande uit humane biologie, en animale- en vegetatieve fysiologie. De meer technisch gerichte colleges, die vanuit de afdelingen gegeven worden, bouwen hierop door.

Uitgaande van een jaarlijks overzicht van alle BMGT projekten en van concrete vragen of behoeften uit de praktijk, probeert de Beleidscommissie interafdelings- resp. multicenter projekten op te zetten, indien het probleemgebied relevant geacht wordt en de benodigde technologische kennis bij de THE aanwezig lijkt te zijn.

Vanuit de Beleidscommissie BMGT wordt op verzoek van het College van Bestuur van de THE deelgenomen aan landelijk overleg tussen de drie technische hogescholen en andere overlegvormen op het gebied van de BMGT.

Al meer dan tien jaar wordt binnen de Technische Hogeschool Eindhoven aan onderwerpen van biomedisch-technische aard gewerkt. De jeudigheid van de Beleidscommissie geeft dààr geen goed beeld van. Die tien is wèl een aanwijzing voor een vruchtbare voedingsbodem en biedt goede vooruitzichten voor de continuïteit binnen dit interessante werkgebied.

Inleiding gehouden op 29 maart 1977 op de THE tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (no. 264) en de Benelux section IEEE.

BLOEDSNELHEIDSMETING MET BEHULP VAN CONTINU ULTRAGELUID

Ir. W.H. Leliveld
TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN

Continuous-wave ultrasonic Doppler blood velocity meters normally use a zero-crossing method, to obtain blood velocity information from the receiver signal. Using such a system, the calibration factor is dependent on the velocity profile and may theoretically vary about 20% for practically occuring profiles.

A system will be described, which determines momentaneously the average frequency shift of the receiver signal, without using a wave analyser. Under specified conditions, this average frequency shift is proportional to the momentaneaous blood velocity, averaged over the cross-section of the vessel under consideration, with a calibration constant independent of the velocity profile.

Continu ultrageluid

Teneinde de over de doorsnede van een bloedvat gemiddelde bloedsnelheid te bepalen, kan men continu ultrasoon geluid gebruiken dat, opgewekt met een piëzoelektrisch kristal, van buiten het lichaam naar het bloedvat gezonden wordt. De golflengte van dit geluid moet groot zijn t.o.v. de afmetingen van de bloedlichaampjes, zodat het geluid hierop scattert.

Het geluid dat door een bewegend bloedlichaampje wordt gescattert en door een tweede kristal, het ontvangkristal, weer opgevangen wordt, zal t.g.v. het dopplereffect een frequentieverschuiving vertonen t.o.v. het uitgezonden geluid. Ten gevolge van het snelheidsprofiel in het bloedvat zal het ontvangen signaal een frequentieband beslaan. Het vermogensdichtheids spectrum van dit signaal bevat informatie over de snelheidsverdeling van de deeltjes in het bloedvat, waaruit de gemiddelde bloedsnelheid afgeleid moet worden.

Het vermogensdichtheids spectrum

Het vermogensdichtheids spectrum van het ontvangen signaal, kan in een aantal gevallen berekend worden uitgaande van het snelheidsprofiel in het bloedvat. Daarbij wordt uitgegaan van de vereenvoudigde situatie die weergegeven is in fig. 1.

Hierin is:

z = zendkristal

0 = ontvangkristal

Deze kristallen bestaan uit een gepolariseerd plaatje bariumtitanaat of loodzirconaat.

De frequentie ω_o rad/sec. is de mechanische resonantiefrequentie van zo'n plaatje.

De voortplantingssnelheid van het geluid bedraagt c m/sec en de frequentieverschuiving t.g.v. het Doppler effect bedragt ω rad/sec.

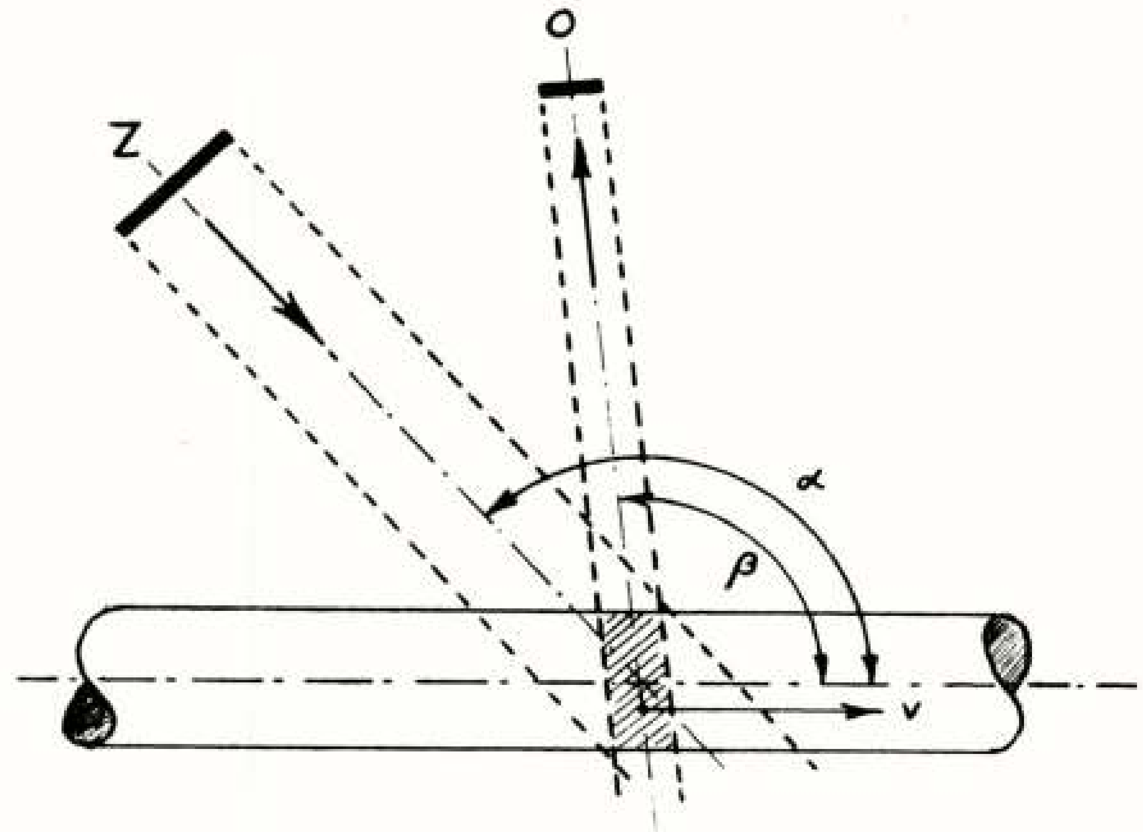


Fig. 1 Schematische voorstelling van de meetsituatie

T.g.v. het Doppler effect geeft een deeltje (bloedlichaampje) met snelheid v zijn bijdrage tot het ontvangen signaal bij een frequentie $\omega_o + \omega$

$$\omega = \frac{v}{c}\,\omega_o\,(\cos\alpha + \cos\beta) = kv \qquad (1)$$

Bij de berekening wordt verondersteld:

- ieder deeltje draagt een gelijk vermogen p bij tot het ontvangen signaal;
- alléén de deeltjes in het meetvolume (gearceerd in Fig. 1) dragen bij tot het ontvangen signaal;
- de concentratie C van de deeltjes in het meetvolume is onafhankelijk van de plaats;
- het meetvolume is cirkelcylindrisch (Fig. 2);
- de stroming is stationair en laminair; het stromingsprofiel is rotatiesymmetrisch en monotoon.

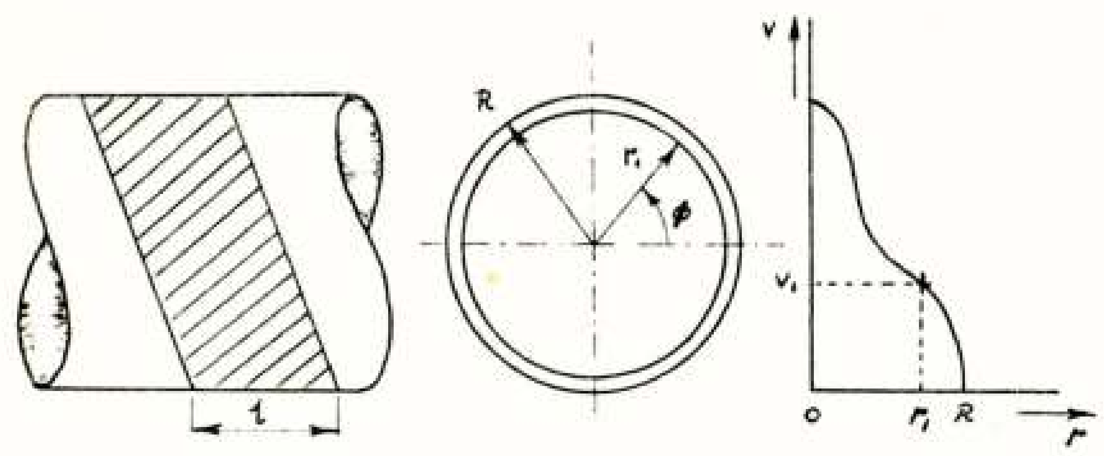


Fig. 2 Meetvolume en stromingsprofiel.

Definieert men het totaal aantal deeltjes met snelheden $v < v_1$, als $n(v_1)$, dan bevinden deze deeltjes zich, vanwege het monotone stromingsprofiel, in de ring met $r_1 < r < R$

$$n(v_1) = \int_{r_1}^{R}\int_{0}^{2\pi} C\ l\ r\ dr\ d\phi = C\ l\ \pi\ (R^2-r_1^{\,2}) \qquad (2)$$

Definieert men $\phi_v(v_1)dv$ als de vermogensbijdrage in het ontvangen signaal van de deeltjes met snelheden $v_1 < v < v_1 + dv$, dan is, omdat ieder deeltje een bijdrage p geeft, de vermogensbijdrage van alle deeltjes met $v < v_1$:

$$\int_{0}^{v_1} \phi_v(v)dv = p\ C\ l\ \pi\ (R^2-r_1^{\,2}) \qquad (3)$$

Door linker- en rechterlid van deze vergelijking naar r_1 te differentiëren en daarna inplaats van r_1 de lopende variabele r te substitueren vindt men het verband tussen $\phi_v(v)$ en het stromingsprofiel $v = v(r)$.

$$\phi_v(v) = -\ 2\pi\ p\ C\ l\ r\ \frac{dr}{dv} \qquad (4)$$

Het ontvangen signaal heeft alléén frequentiecomponenten in de buurt van ω_o. Door synchrone detectie met de zendfrequentie ω_o, wordt het ontvangen spectrum naar nul verschoven (Fig. 3). Het spectrum dat als bijproduct van deze detectie ontstaat bij $2\omega_o$, wordt door filtering onderdrukt.

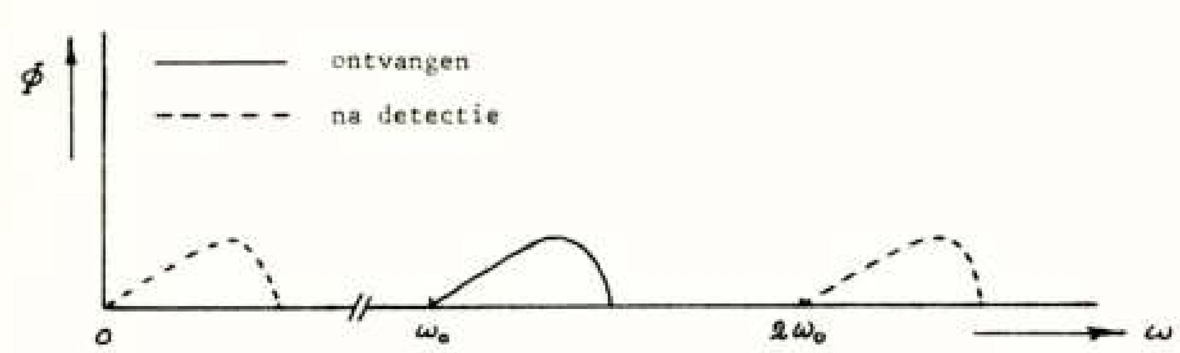


Fig. 3 Vermogensdichtheids spectra van het ontvangen en en het syncroon gedetecteerde signaal

$\phi_v(v)$ staat in direct verband met het vermogensdichtheids spectrum van het syncroon gedetecteerde signaal. Deeltjes met snelheden in een interval dv rond v_1 geven volgens de definitie een vermogensbijdrage $\phi_v(v_1)dv$. Uit het vermogensdichtheids spectrum van het gedetecteerde signaal kan hun vermogensbijdrage berekend worden als $\phi\ (\omega_1)d\omega$, waarbij het verband tussen v_1 en ω_1, resp. dv en $d\omega$ gegeven wordt door de doppler formule(1).

$$\phi(\omega)d\omega \equiv \phi_v(v)\ dv$$

$$v = \frac{\omega}{k},\ k \neq o \text{ zie (1).}$$

$$\phi(\omega) = \frac{1}{k}\ \phi_v\ (v=\frac{\omega}{k}) \qquad (5)$$

Voor een aantal eenvoudige laminaire stromingsprofielen is het vermogensdichtheids spectrum $\phi(\omega)$ te berekenen. We doen dit voor de laminaire stromingsprofielen waarvoor geldt:

$$v = v_m\ \{1-(\frac{r}{R})^n\} \qquad n > 1 \qquad (6)$$

Hierin is v_m de maximale snelheid in het bloedvat en 2R de diameter van het vat.

De parameter n bepaalt de vorm van het stromingsprofiel. Voor een parabolisch profiel is n = 2. Een uniforme snelheidsverdeling (plug stroming of vlak stromingsprofiel) wordt weergegeven door $n = \infty$.

In Fig. 4 zijn deze profielen grafisch weergegeven, waarbij de grootheden langs de assen genormeerd zijn.

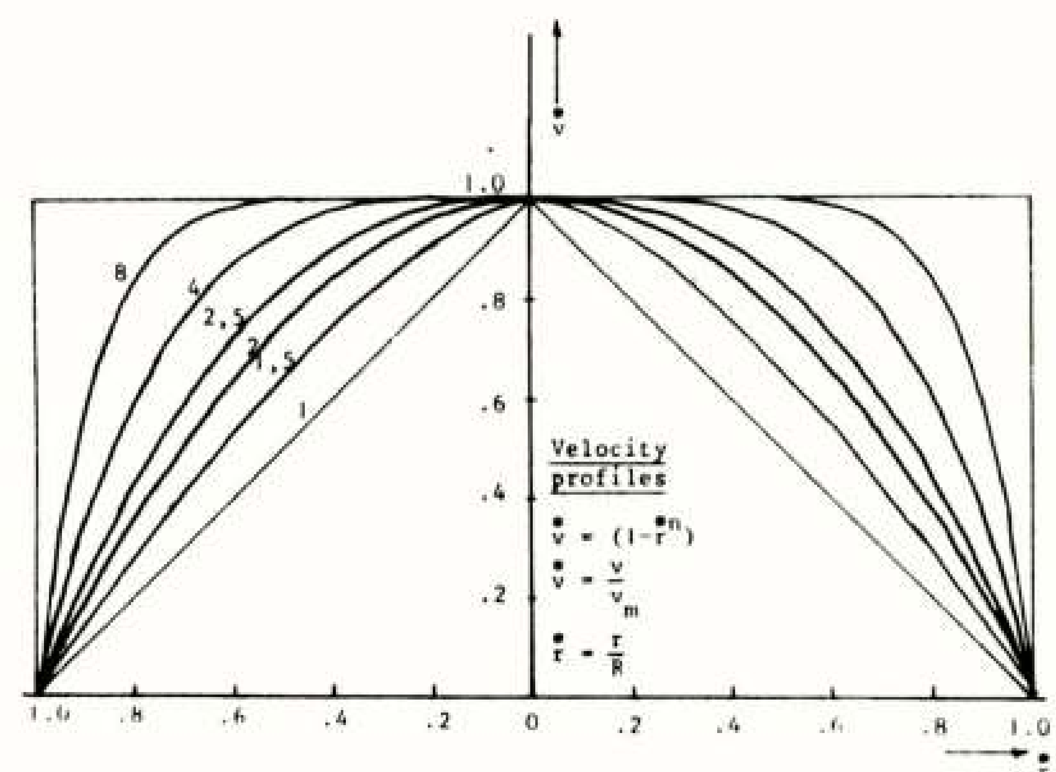


Fig. 4 Stromingsprofielen

Berekent men de bij deze stromingsprofielen behorende vermogensdichtheids spectra, dan vindt men na enig rekenwerk:

$$\phi(\omega) = \frac{2\ P}{n\ \omega_m}\ (1 - \frac{\omega}{\omega_m})^{\frac{2-n}{n}} \qquad (7)$$

Hierin is P het totaal ontvangen vermogen en ω_m de maximale frequentie die in het spectrum voorkomt. Deze ω_m is afhankelijk van de maximale snelheid v_m volgens (1).

De vermogensdichtheids spectra voor verschillende waarden van n zijn weergegeven in Fig. 5. Ook hier zijn de asgrootheden genormeerd.

$$\overset{*}{\omega} = \frac{\omega}{\omega_m} \quad ; \quad \overset{*}{\phi} \quad \frac{\phi\ \omega_m}{P}$$

$\overset{*}{\phi}\ (\overset{*}{\omega})$ stelt dus het vermogensdichtheids spectrum voor, genormeerd op een constante vermogensdichtheid $\frac{P}{\omega_m}$, met eenzelfde totaalvermogen P.

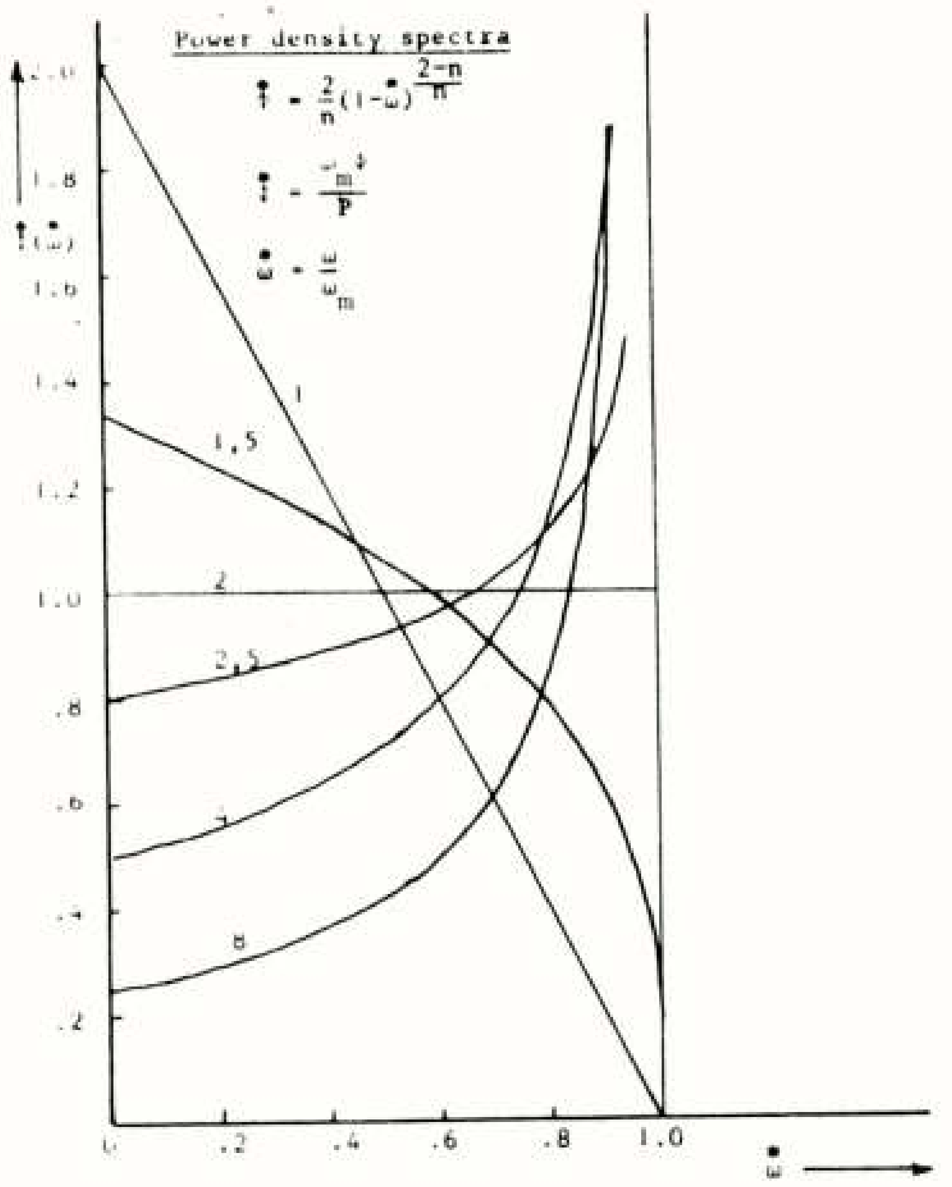


Fig. 5 Theoretische vermogensdichtheids spectra.

In Fig. 4 en Fig. 5 is duidelijk te zien dat een kleine variatie van n rond de waarde 2, waarbij het stromingsprofiel parabolisch is, slechts een kleine invloed heeft op de vorm van het stromingsprofiel, doch een sterke invloed op de vorm van het bijbehorende spectrum.

Zero-crossing

Zoals reeds vermeld moet uit het ontvangen signaal informatie afgeleid worden omtrent de gemiddelde bloedsnelheid over de dwarsdoorsnede van het bloedvat. Voor een vat met cirkelvormige doorsnede πR^2 wordt deze gemiddelde snelheid gedefinieerd als:

$$v_g = \frac{\int_o^R \int_o^{2\pi} vr\ dr\ d\phi}{\pi R^2} \tag{8}$$

Subsitutie van (6) in (8) geeft voor de eerder gebruikte stromingsprofielen:

$$v_g = \frac{n}{n+2}\ v_m \tag{9}$$

In commercieel verkrijgbare doppler bloedsnelheids meters wordt het synchroon gedetecteerde signaal verwerkt met een zero-crossing detector. Deze genereert op iedere nuldoorgang van dit signaal een puls van vaste grootte en tijdsduur. Integratie van deze pulsen over een seconde levert een signaal evenredig met het aantal nuldoorgangen per seconde van het gedetecteerde signaal.

Zero-crossing is een bewerkingstechniek die afkomstig is uit de stochastische signaaltheorie. Omdat het ontvangen dopplersignaal principieel een stochastisch karakter heeft, kan de zero-crossing theorie toegepast worden.

Onder voorwaarde dat het synchroon gedetecteerde signaal f(t) en zijn afgeleide f'(t) beide normaal verdeeld zijn en een gemiddelde nul hebben, geldt voor het gemiddeld aantal nuldoorgangen dat per seconde optreedt (Rice, 1954):

$$\bar{N}_o = \frac{1}{\pi} \left[\frac{\int_o^\infty \omega^2\ \phi(\omega) d\omega}{\int_o^\infty \phi(\omega) d\omega} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{10}$$

$\phi(\omega)$ is hierin het vermogensdichtheids spectrum van het synchroon gedetecteerde signaal f(t).

Substitutie van (7), het berekende vermogensdichtheids spectrum, in (10), waarbij geintegreerd wordt over alle voorkomende frequenties, leidt tot:

$$\bar{N}_o = \frac{1}{\pi}\ \omega_m \left[\frac{n^2}{(n+2)(n+1)} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{11}$$

Volgens formule (1) resp. (9) geldt voorts:

$$\omega_m = k\ v_m \qquad \text{en} \qquad v_m = \frac{n+2}{n}\ v_g$$

Substitueert men deze gegevens in de uitdrukking voor $\bar{N}_o$, dan vindt men het verband tussen $\bar{N}_o$ en de te bepalen gemiddelde snelheid v_g.

$$\bar{N}_o = \frac{1}{\pi}\ k\ v_g \sqrt{\frac{n+2}{n+1}} \tag{12}$$

De factor met het wortelteken, die de invloed weergeeft van het stromingsprofiel op de ijkfaktor, varieert voor n = 1 tot n = ∞ van 1,23 tot 1.

Aangezien bij metingen aan bloedvaten in vivo, het stromingsprofiel in het bloedvat onbekend is en zelfs tijdens een hartperiode varieert, zal een meetsysteem met zero-crossing een fout opleveren zodanig dat de maximale en minimale gemeten waarden 23% uiteen kunnen liggen bij variatie van het stromingsprofiel met gelijkblijvende gemiddelde snelheid.

Het verband tussen de gemiddelde snelheid en de gemiddelde frequentie.

Bij de afleiding van dit verband wordt van dezelfde vooronderstellingen uitgegaan als die, welke in het begin genoemd zijn. De eis omtrent het stromingsprofiel vervalt echter. Dit wordt alleen laminair verondersteld.

$n(v_1)$ werd gedefinieerd als het aantal deeltjes in het meetvolume met snelheden $v < v_1$. Het aantal deeltjes met snelheden $v_1 < v < v_1 + dv$ is dus $dn(v_1)$.

Hiermee kan de gemiddelde deeltjessnelheid in het meetvolume berekend worden als:

$$v_g = \frac{\int_0^{v_m} v \, d\, n(v)}{\int_0^{v_m} dn(v)} \qquad (13)$$

Omdat deeltjes met snelheid v_1 een vermogensbijdrage $\phi(\omega_1)d\omega$ in het gedetecteerde signaal geven, terwijl ieder deeltje een vermogensbijdrage p geeft, kan het aantal deeltjes $d\, n(v_1)$ ook berekent worden als:

$$d\, n(v_1) = \frac{1}{p}\, \phi(\omega_1)d\omega$$

$$\omega = kv$$

Substitutie van deze gegevens in (13) leidt tot:

$$k\, v_g = \frac{\int_0^{\omega_m} \omega\, \phi(\omega)d\omega}{\int_0^{\omega_m} \phi(\omega)d\omega} = \omega_g \qquad (15)$$

Door bepaling van de gemiddelde frequentie ω_g kan dus uit het vermogensdichtheids spectrum van het gedetecteerde signaal de gemiddelde snelheid v_g bepaald worden, als k bekend is.

Bij de afleiding van (15) is geen gebruik gemaakt van stromingsprofiel eigenschappen, zodat v_g onafhankelijk van het stromingsprofiel gemeten wordt. De door k bepaalde ijkfactor is afhankelijk van de zendfrequentie, de voortplantingssnelheid van het geluid in bloed en de hoeken tussen de zend- en ontvangbundels en de as van het bloedvat. Zie (1) en Fig. 1.

Instrumentatie

Het blokschema van een geinstrumenteerd systeem dat de gemiddelde snelheid bepaalt is weergegeven in Fig. 6 en Fig. 7.

Het volledige bewijs dat dit systeem momentaan de gemiddelde frequentie van het gedetecteerde signaal bepaalt is te vinden in (Arts, 1972). Hier zal volstaan worden met een andere benadering, die inzicht geeft in de manier waarop het signaal verwerkt wordt om tot (15) te komen, maar die niet volledig is.

In het meetsysteem worden teller en noemer van (15) in een apart teller en noemerkanaal gevormd uit het ontvangen signaal. Aan het einde van het systeem wordt de deling uitgevoerd.

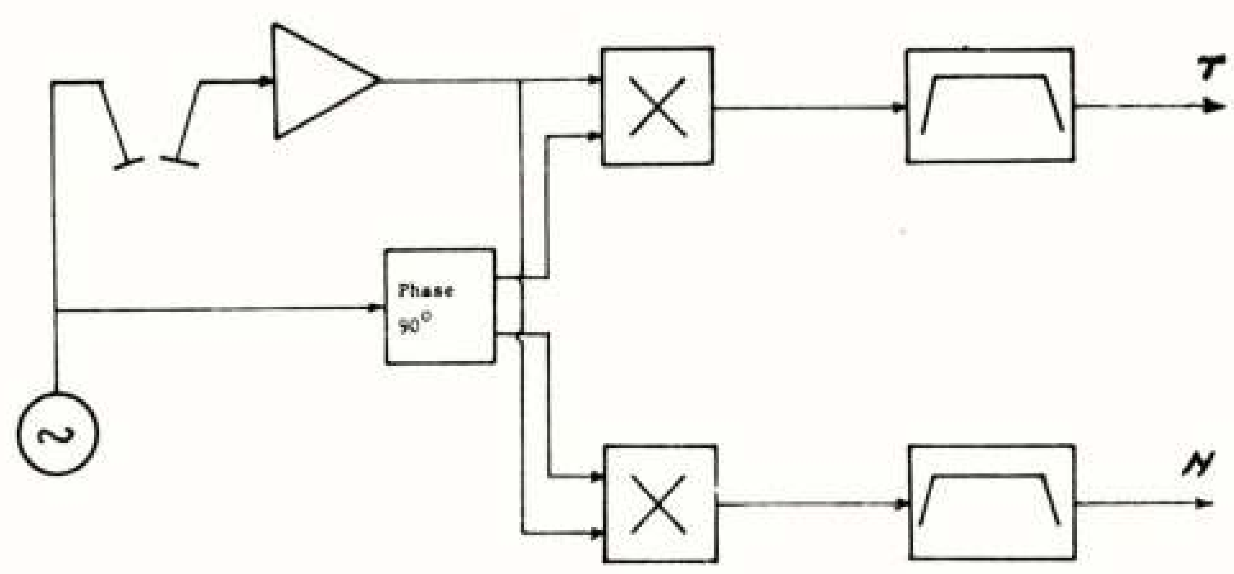


Fig. 6 Blokschema hoogfrequent gedeelte.

Fig. 6 geeft het blokschema van het hoogfrequent gedeelte. De zendfrequentie is 5 MHz. Het signaal afkomstig van het ontvangkristal wordt versterkt en synchroon gedetecteerd met twee vermenigvuldigers. De detecterende draaggolven zijn 90° in fase t.o.v. elkaar verschoven. Bij een positieve frequentieverschuiving ω, zal de laagfrequente component met frequentie ω aan de uitgang van de detector in het tellerkanaal (bovenste kanaal), 90° in fase voor zijn op de overeenkomstige frequentie component in het noemerkanaal. Bij een negatieve frequentieverschuiving ijlt het noemerkanaal voor op het tellerkanaal. Zie Fig. 6. De fase van deze signalen t.o.v. elkaar bevat dus informatie over het teken van de frequentieverschuiving en dus ook over het teken van de snelheid van het deeltje dat deze frequentieverschuiving veroorzaakt.

De detectoren in beide kanalen worden gevolgd door twee identieke banddoorlaatfilters 300 Hz - 5 kHz. Deze bandfilters onderdrukken het spectrum dat door de synchrone dedectie bij 10 MHZ ontstaat. Bij een zendfrequentie van 5 MHz, zijn de grootste dopplerverschuivingen die ontstaan bij normale bloedsnelheden kleiner dan 5 kHz, zodat door de filtering het informatie bevattende spectrum niet wordt aangetast. Frequenties kleiner dan 300 Hz worden geëlimineerd omdat het vermogen in deze frequentie band vooral afkomstig is van pulserend bewegende vaatwanden die ook een doppler verschuivingen geven.

Het elimineren van deze laagste frequenties betekent echter ook dat er een minimale snelheid is, waar-

onder niet meer gemeten kan worden.

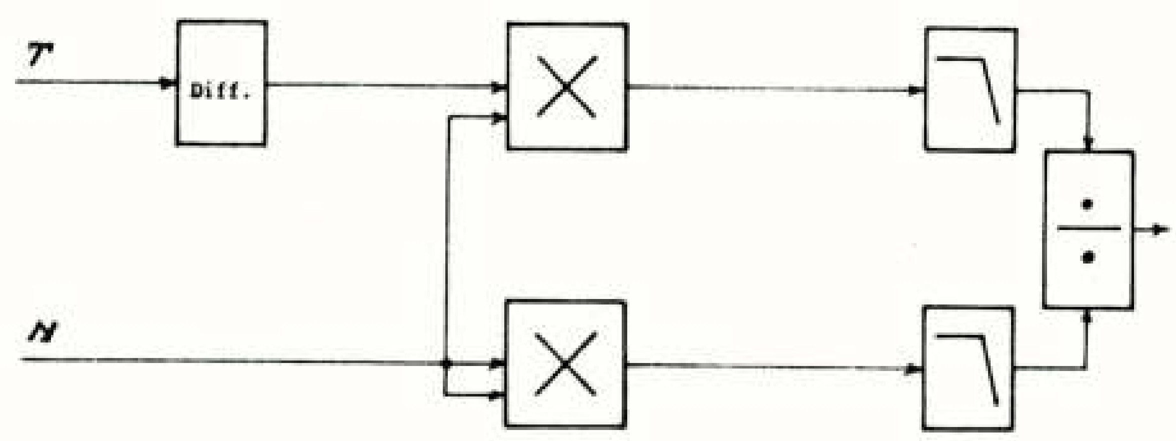


Fig. 7 Blokschema verwerkings gedeelte.

Fig. 7 geeft het blokschema van het laagfrequent verwerkingsgedeelte. De noemer in (15) representeert het totale vermogen dat in het synchroon gedetecteerde signaal aanwezig is. Dit vermogen kan bepaald worden door het gedetecteerde signaal te kwadrateren en van dit gekwadrateerde signaal de gelijkspanningscomponent te nemen.

Het noemerkanaal van het verwerkingsgedeelte bevat daartoe een kwadrateerder en een laagdoorlaat filter dat de gelijkspanningscomponent van dit gekwadrateerde signaal bepaalt.

De differentiator in het tellerkanaal bezorgt iedere frequentie component van het gedetecteerde signaal in dit kanaal een amplitude die evenredig is met de frequentie. Tevens zijn na de differentiërende werking (o.a. 90° fasedraaiing) de frequentiecomponenten, al naar gelang de gemeten snelheid positief of negatief is, in fase of tegenfase met de overeenkomstige componenten aan de ingang van het noemerkanaal.

Door vermenigvuldiging van het uitgangssignaal van de differentiator met het noemersignaal (zie Fig.7) ontstaat achter deze vermenigvuldiger een signaal dat een gelijkspanningscomponent bevat die evenredig is met

$$\int_0^{\omega_m} \omega\ \phi(\omega)d\omega$$

Door deling van de uitgangssignalen van de laagdoorlaatfilters die in zowel teller- als noemerkanaal de gelijkspanningscomponent doorlaten, wordt (15) gerealiseerd.

Bij vergelijking van (15) met het resulterende signaal dat bij deze situatie achter de deler ontstaat, ziet men duidelijk de analogie tussen beide formules.

Literatuur

1. Rice, S.A.: "The expected number of zeros per second". In: Selected papers on noise and stochastic processes, 189-195, Editor Wax, N. Publ.: Dover Publications Inc., New York, 1954.

2. Arts, M.J.G. and Roevros, J.M.J.G.: "On the instantaneous measurement of bloodflow by ultrasonic means". Med. and Biol. Engng. 10, 23-34 (1972).

Voordracht gehouden op 29 maart 1977 op de THE tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (no. 264) en de Benelux section IEEE.

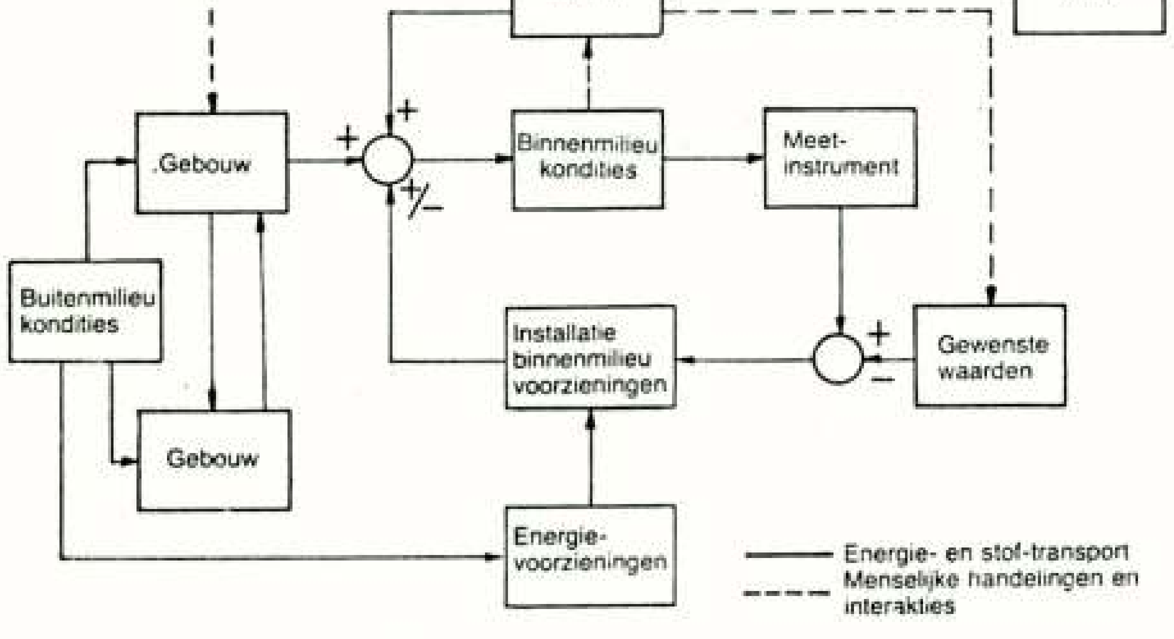
THERMOFYSIOLOGISCHE UITGANGSPUNTEN VOOR HET ONTWERPEN VAN ZWEMBADEN

IR.J.T.H.LAMMERS en P.J.J.HOEN (STUDENT)
Vakgroep FAGO, Afdeling der Bouwkunde, Technische Hogeschool Eindhoven

A number of activities are taken place in covered swimming pools, by various people wearing different clothing ensembles.
The "Stolwijk" thermophysiological model is used for the determination of the conditions for the interior-climate to be fixed by the various people.
Several experiments were done, in order to apply the model for a wet nude person, especially to get more insight in the evaporation process at the skin.
A first attempt is made to make a concept for the interior-airtemperature required by a clothed person and at the same time using fixed radiant heating in order to meet the requirements of a nude dry or wet person.

INLEIDING

Binnen Vakgroep FAGO (Fysische Aspecten van de Gebouwde Omgeving) van de Afdeling der Bouwkunde der Technische Hogeschool te Eindhoven, wordt onderzoek gedaan in de fysische beheersing van het binnenmilieu.
Dit betekent dat getracht wordt de parameters die het binnenmilieu bepalen zo goed mogelijk te kennen en te kontroleren, voor bestaande zowel als nog te ontwerpen ruimten.
In het bijzonder wordt aandacht gegeven aan akoestische, klimaattechnische en verlichtingskundige voorzieningen.
De beperking van de hierdoor gebruikte energie krijgt bijzondere aandacht.
Centraal staat echter steeds de mens met zijn gezondheid, zijn aktiviteiten en zijn welbevinden. Het is immers de mens die voorwaarden stelt aan het binnenmilieu, teneinde gezond en behaaglijk te kunnen funktioneren.
In figuur 1 wordt een overzicht gegeven van diverse elementen die het binnenmilieu bepalen.



Figuur 1.

We onderscheiden een drietal energie- en luchtstromen, die tesamen de binnenmilieukondities bepalen, achtereenvolgens:

a. de stroom die via het gebouw naar binnen komt, mede bepaald door wisselwerking met eventueel in de omgeving staande andere gebouwen;
b. de stroom door mensen geïntroduceerd;
c. de stroom naar of van apparaten en/of binnenmilieutechnische voorzieningen.

Via een meetinstrument wordt een bepaalde binnenmilieuparameter gemeten, vergeleken met een gewenste waarde en wordt, indien nodig, ingegrepen in het binnenmilieu via de installatie en/of de binnenmilieutechnische voorzieningen. De mate, waarin ingegrepen wordt, bepaalt de gebruikte hoeveelheid energie.
De gewenste waarde wordt door de mens bepaald en wel door zijn aktiviteiten, zijn kleding, zijn sociale en psychologische interaktie met andere mensen, zijn gezondheid en zijn welbevinden.

VOORONDERZOEK BIJ HET ONTWERPEN VAN EEN ZWEMBAD

Bij vrijwel elke bouwkundige ontwerpaktiviteit dient de mens, met zijn voorwaarden te stellen aan het binnenmilieu, als uitgangspunt gekozen te worden.
Zo zal in het nu volgende een onderzoek, voorafgaande aan het ontwerp van een zwembad nader worden toegelicht.
In een zwembad moeten min of meer verschillende aktiviteiten gelijktijdig plaats kunnen vinden: zwemmen, geven en volgen van instruktie, toeschouwen, enz.
Bij ieder van deze aktiviteiten behoren bijzondere eisen ten aanzien van het binnenklimaat. Met name de vrijwel naakte natte mens op de kant wordt thermisch veel zwaarder belast dan de geklede toeschouwer. Dit leidt dan ook

tot een grote discrepantie in voorwaarden te stellen aan het binnenklimaat voor beide genoemde kategorieën mensen.

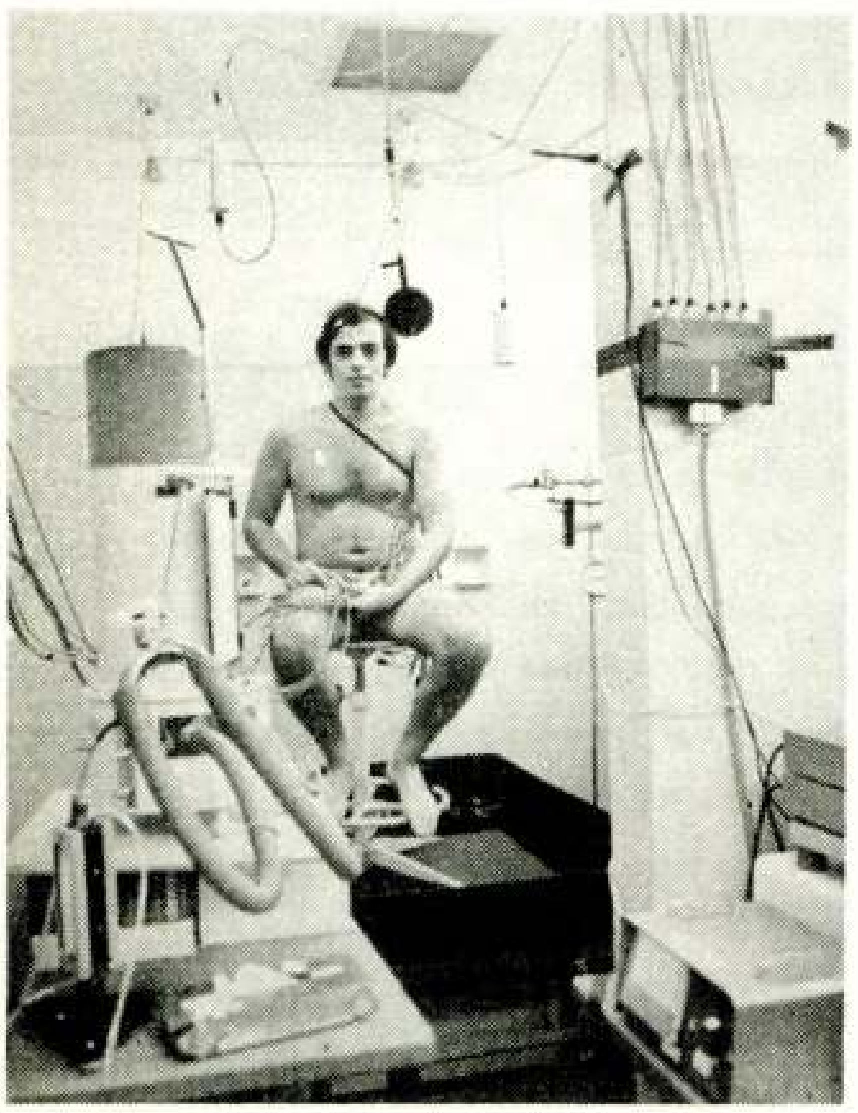
Voor het bepalen van de thermische behaaglijkheid van de mens wordt gebruik gemaakt van een tweetal thermofysiologische modellen:

- het model "Gagge", voor quasi-stationaire toestanden (1);
- het model "Stolwijk", voor veranderende toestanden (2).

Het model "Stolwijk" is bij het onderhavige onderzoek gebruikt en aangepast aan de situatie. Dit model beschrijft het verloop van een aantal thermofysiologische grootheden als funktie van het aktiviteitenniveau, de kleding en de omgevingsparameters: de luchttemperatuur, de stralingstemperatuur, de luchtsnelheid en de vochtigheid van de lucht. De aanpassing heeft bestaan uit het toevoegen van verdamping van water aan de huid in de warmtebalans voor de mens, teneinde de natte mens op de kant thermofysiologisch te simuleren.

Voor het testen van het model is een experiment opgezet om inzicht te verkrijgen in dit verdampingsproces. Met 7 proefpersonen (mannen in leeftijd variërend van 20 tot 27 jaar) is het experiment uitgevoerd.

De proefpersonen werden voorzien van Pt 100 weerstandsthermometers, met behulp waarvan huidtemperaturen (3) en rectaal temperaturen werden gemeten, in droge zowel als natte toestand. Na het natmaken met water van 26°C werden ze geplaatst op een "bedbalans" (geschikt voor het meten van gewichtsveranderingen met een nauwkeurigheid van 1 gram), waarop met behulp van een plastic bak gevuld met olie het afdruipende water werd opgevangen (zie figuur 2). Zo kon in de meetperioden de hoeveelheid water verdampend aan het oppervlak van de mens worden vastgesteld.



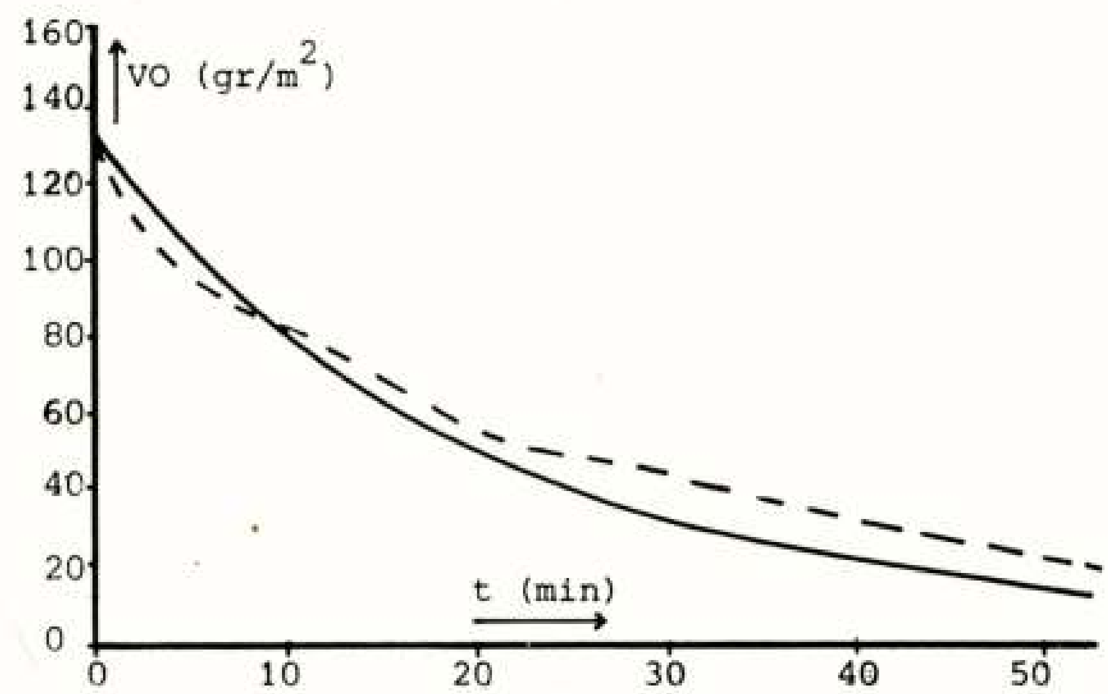
Figuur 2. Proefpersoon tussen het meetinstrumentarium, voor het bepalen van het verdampingsproces voor een natte mens.

Gedurende het experiment is met behulp van een spirograaf een aantal malen het zuurstofgebruik gemeten, waaruit later het metabolisme is afgeleid.

Tevens werden de omgevingsgrootheden gemeten, namelijk luchtsnelheid, luchttemperatuur, vochtigheid, oppervlaktetemperaturen van de wanden.

De meetgegevens werden met behulp van een data-acquisitiesysteem vastgelegd op magneetbandcassettes. Deze meetgegevens werden na afloop van de meetperiode toegevoerd aan het Burroughs 7700 computersysteem van de Technische Hogeschool Eindhoven en verwerkt.

In figuur 3 is de op het lichaam aanwezige hoeveelheid water als funktie van de tijd weergegeven.



Figuur 3. Hoeveelheid water op het lichaam aanwezig als funktie van de tijd.

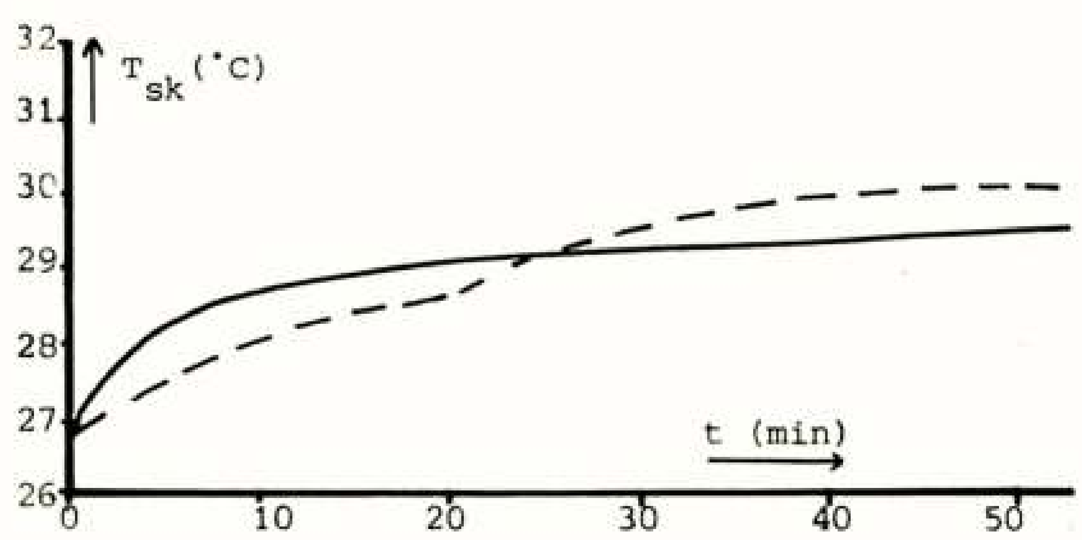
—— gemeten

----- berekend

De gemeten afname van de hoeveelheid water op het lichaam is gemiddeld over de proefpersonen. De berekening is gemaakt met de initiële hoeveelheid water en het gemiddelde van de gemeten metabolismen.

De metingen zijn uitgevoerd bij een luchttemperatuur van gemiddeld 24.8°C, een stralingstemperatuur van gemiddeld 24.4°C, een luchtsnelheid van gemiddeld 5 cm/s, en een relatieve vochtigheid van gemiddeld 32%.

Figuur 4 laat het verloop van de gemiddelde huidtemperatuur (3) als funktie van de tijd zien.

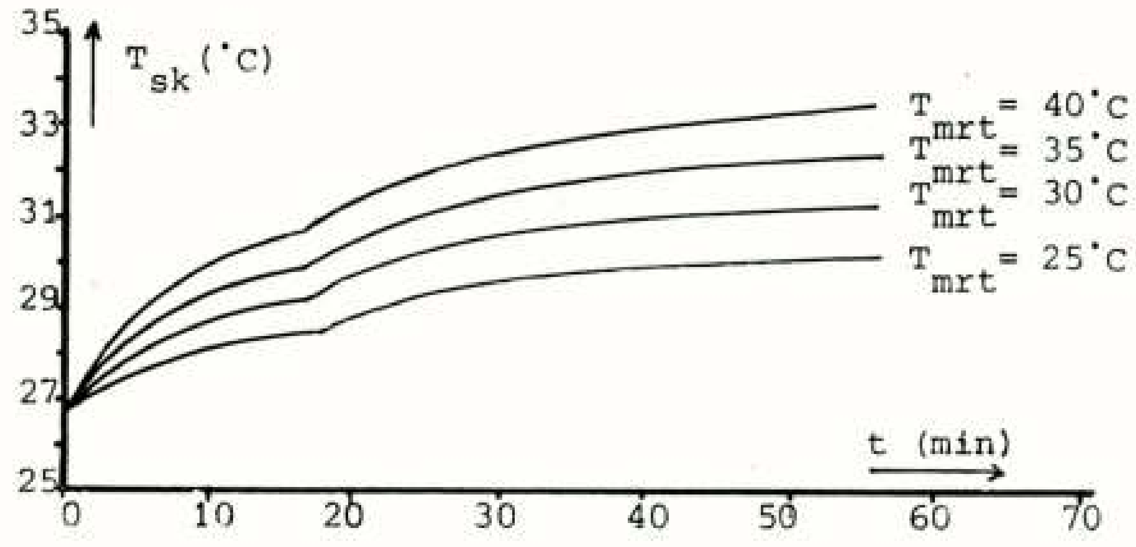


Figuur 4. Verloop van de gemiddelde huidtemperatuur als funktie van de tijd.

—— gemeten ; ----- berekend.

CONCLUSIES

Zoals uit het voorgaande is gebleken, is het model "Stolwijk" goed bruikbaar gemaakt voor de warmtehuishouding van de natte mens.
Alle eerder genoemde kategorieën mensen in het zwembad zijn dan nu ook goed met dit thermofysiologische model van de mens te beschrijven.
Uit de berekeningen met dit model blijkt, dat de natte mens met een metabolisme (stofwisseling) van 110 W (niet bewegend) redelijk behaaglijk is bij luchttemperaturen en gemiddelde oppervlaktetemperaturen van de omgevende wanden tussen 30°C en 34°C. Voor de geklede toeschouwer, met hetzelfde metabolisme, geldt dat deze temperaturen tussen 20°C en 24°C moeten liggen.
Wanneer we in het zwembad zones met goed gerichte stralingsverwarming toepassen (bijvoorbeeld boven de perrons), is een relatief lage luchttemperatuur mogelijk en kunnen we dus beter voldoen aan de diverse eisen, te stellen aan het binnenklimaat door de diverse kategorieën mensen.
Figuur 5 geeft informatie over de huidtemperatuur van de natte mens als funktie van de tijd, zoals deze berekend is met het model "Stolwijk".



Figuur 5. Huidtemperatuur van een natte mens als funktie van de tijd bij 24°C luchttemperatuur en verschillende gemiddelde stralingstemperaturen.

Op tijdstip t=0 verlaat de mens het water van 26°C en gaat op de kant staan in lucht met een temperatuur van 24°C en een relatieve vochtigheid van 60%. Bij een gemiddelde stralingstemperatuur van 40°C is de huidtemperatuur in ongeveer 5 minuten gestegen van 27°C tot 29.5°C en loopt in 1 uur op tot ongeveer 33°C.
De verandering van de huidtemperatuur als funktie van de tijd lijkt als behaaglijk te worden ervaren, zoals blijkt uit sporadische metingen, gedaan door de "John B.Pierce Foundation Laboratory" in New Haven, U.S.A. (4)

REFERENTIES

1. Gagge, A.P. Rational temperature indices of man's thermal environment and their use of a 2-node model of his temperature regulation. Federation proceedings, vol.32, May 1973.

2. Stolwijk, J.A.J. A mathematical model of physiological temperature regulation in men. NASA contractor report, CR-1855, August 1971.

3. Ramanathan, N.L. A new weighting system for mean surface temperature of the human body. Journal of Applied Physiology, 19(3): 531-533, 1964.

4. Gagge, A.P.; Stolwijk, J.A.J.; Hardy, J.D. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. Environmental Research 1, 1-20, 1967.

Voordracht gehouden op 29 maart 1977 op de THE tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (no. 264) en de Benelux section IEEE.

COMPUMAG

Organized by the

LABORATOIRE D'ELECTRO-
TECHNIQUE(ERA—CNRS)

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE
D'ELECTROTECHNIQUE ET DE
GENIE PHYSIQUE DE GRENOBLE

SECRETARIAT:

P.Rafinejad
Laboratoire d'electrotechnique
BP 15
38040-Grenoble cedex,France
Téléphone:(76) 54 48 81
42 63 63
Telex:Publi-Grenoble
320-245.Code 163E

INTERNATIONAL STEERING COMMITTEE:

J C Sabonnadiere.Chairman
Laboratoire d'electrotechnique
de Grenoble.

Ch Iselin.Vice-Chairman
CERN
SPS Division
Prevessin
F-01631-France.

C J Carpenter
Electrical Engineering Department
Imperial College of Science & Technology
Prince Consort Road,London SW7 2BZ.UK

J Erb
Institute for Experimental Nuclear Physics
University of Karlsruhe
PO Box 3640
D75 Karlsruhe,FR Germany.

W Geysen
Electrical Engineering Department
Universiteit Leuven
Kard.Mercierlaun 94
3030 Heverlee.Belgium.

G Neyret
DPHPE/STI
CEN/SACLAY-BP No2
91190—Gif-sur-Yvette,France.

S J Polak
N V Philips Gloeilampenfabrieken
Building VN-5
Eindhoven,The Netherlands.

U Ratti
Universita di Roma
Facoltá di Ingegneria
Instituto di Elettrotecnica
Via Eudossiana 18
Rome 00182,Italy.

K Reichart
Département K C T
A G Brown Boverie
Baden,Switzerland.

P P Silvester
Electrical Engineering Department
Mc Gill University
3480 University Street
Montréal H3A 2A7 Canada.

J G Steel
CEGB Research Division
Central Electricity Research Laboratories
Kelvin Avenue,Leatherhead
Surrey KT22 7SE.UK.

C W Trowbridge
Technology Division,Bldg R25
Rutheford Laboratory
Chilton,Didcot,Oxon,OX11 OQX,UK.

PRELIMINARY ANNOUNCEMENT

The first COMPUMAG Conference on the Computation of Magnetic Fields was held at OXFORD (UK) from 31 March to 2 April 1976.

The next venue of this COMPUMAG Conference will be GRENOBLE from 4 to 6 September 1978. Its aim will be the review of recent developments in magnetic field analysis for physicists and engineers engaged in the design of magnets and electromagnetic devices.

The principal objective is the practical application of numerical techniques to magnetic field problems, but emphasis will also be given to related topics such as the calculation of mechanical forces and the modelling of magnetic material properties. The Conference will be directed specifically to direct-current and low-frequency devices. It will not be concerned with waveguide or other applications in which displacement currents are significant.

Topics proposed for discussion

Computation of magnetic fields using methods based on partial differentiation or integral equation formulations, with emphasis on :

1. Two and three dimensional field calculations for both linear and non-linear problems. Improvements to existing finite difference or finite element schemes as well as new techniques.

2. Time-dependent fields, including the transient and steady state behaviour of electromagnetic devices, eddy currents, flux penetration into iron and equivalent circuit techniques.

3. Material properties including the numerical treatment of anisotropy, hysteresis, permanent magnets and diamagnetics.

4. Numerical techniques, including mesh generation and methods of solving large sets of equations with dense or sparse matrices of coefficients.

5. Electromagnetic forces and resultant mechanical stresses, special techniques for magnet design, eg. optimisation.

6. Computer programs, use of interactive graphics, practical experience of accuracy and efficiency.

Please return the questionnaire to the Conference Secretariat if you wish to be included on the mailing list for this Conference and receive Conference bulletins.

2 September 1977.

Het NERG is voor deze conferentie "additional sponsor".

VARIA

Boekbespreking

W.E. Clason: "Elsevier's Telecommunication Dictionary" in six languages English/American, French, Spanish, Italian, Dutch and German, second revised edition, 604 pag., formaat 15,5 x 22,5 cm, prijs fl. 125,00.

Vorig jaar verscheen de tweede herziene druk van Elseviers Telecommunication Dictionary. Dit woordenboek bevat ruim 7000 Engelse woorden tesamen met hun vertaling in het Frans, Spaans, Italiaans, Nederlands en Duits. Vijf kruis-referentie registers maken vertaling tussen elke twee talen eenvoudig mogelijk.

Alle woorden zijn ondergebracht in één van 34 deelgebieden van de telecommunicatie. Deze indeling in deelgebieden is weinig evenwichtig en doet ouderwets aan (er is zelfs één deelgebied dat maar één woord bevat en dat is dan nog de naam van het deelgebied zelf). Ook het aangeven van het deelgebied gebeurt niet altijd even consequent. Er had een ruimer gebruik gemaakt kunnen worden van de mogelijkheid om indeling in meer dan één deelgebied aan te geven.

In verband met het belang van een dergelijk woordenboek voor de NERG-leden heeft de redactie-commissie geprobeerd de gebruikswaarde te beoordelen. Daartoe is aan een tiental telecommunicatie-specialisten gevraagd de meest gangbare woorden van hun specialisme op te zoeken en te letten op volledigheid voor wat hun deelgebied aangaat en op correctheid van de vertaling van het Engels in het Nederlands en omgekeerd. De andere talen vielen buiten de beoordelingsmogelijkheid wegens gebrek aan specialisten die deze talen beheersen.

De opzet en de uitvoering van het woordenboek worden over het algemeen positief gewaardeerd. Enige twijfel is soms aanwezig over het behoud van de betekenis van woorden na vertaling. De rubricering in deelgebieden geeft dan enige steun voor wat betreft de afkomst van de Engelse woorden.

Vooral de deelgebieden die wat oudere technieken betreffen, werden redelijk volledig bevonden. Opvallend zijn echter een groot aantal weinig gebruikelijke vertalingen en de volledige missers die zo nu en dan voorkomen b.v. uit de deelgebieden antennes en satellite systems:

power handling capacity	≠	vermogensverbruik
phased array	≠	in fase gebracht antenne systeem
directional antenna	≠	gerichte antenne
despun antenna	≠	ruimtebestendige antenne
passive satellite repeater	≠	versterker voor passieve satelliet

Het vrijwel geheel ontbreken van afkortingen werd als een gemis ervaren. Moderne vakgebieden zoals optische telecommunicatie, digitale transmissie en digitale signaalbewerking ontbreken geheel tot vrijwel geheel.

Conclusie: voor wie goed is ingevoerd in een al wat langer bestaand vakgebied is het woordenboek ondanks zijn tekortkomingen waardevol voor de vertaling van het Engels in het Nederlands en v.v. Voor vertaling van woorden buiten het eigen vakgebied zijn de weinig gebruikelijke vertalingen en missers een gevaar. Wie in een modern vakgebied werkzaam is, zal veel woorden tevergeefs in dit boek zoeken.

De Redactiecommissie

URSI

2nd Symposium Electromagnetic Compatibility
Montreux - 28-30 juni 1977

In navolging van de IEEE-EMC symposia in de Verenigde Staten worden in Europa de laatste jaren beurtelings EMC symposia gehouden in het westen (Montreux) en in het oosten (Wroclaw-Polen). Het 2nd EMC symposium in Montreux omvatte niet minder dan 106 voordrachten in 18 sessions, waarvan telkens 3 gelijktijdig werden gehouden. Daarnaast waren er 4 zgn. Workshops en een tentoonstelling van meetapparatuur en componenten op het gebied van EMC-onderzoek en toepassingen, waaraan 20 firma's deelnamen.

De sessions waren ingedeeld naar toepassingsgebied, zoals: hoogspanningssystemen, luchtvaartsystemen, motorvoertuigen, communicatiesystemen, frequentiebeheer, meetmethoden en instrumenten, biologische effecten e.d. Er waren een aantal sprekers uit de IEEE-Group on EMC en URSI-Commissie E verzorgde de session: Effect of radio noise on telecommunication systems. De voordrachten gaven een goed beeld van het uitgebreide gebied van EMC; de kwaliteit en het niveau van voordrachten en presentatie waren nogal wisselend, hetgeen bij een dergelijk uitgebreid symposium kan worden verwacht. Voor de beste bijdragen waren 2 geldprijzen en 2 eervolle vermeldingen beschikbaar gesteld; één van deze laatsten werd o.a. toegekend aan een nederlandse bijdrage van P. Groenveld en A. de Jong: A simple RF-immunity test set up.

Het symposium telde 393 deelnemers, waaronder 22 uit Nederland. De organisatie en de accomodatie waren voortreffelijk, ook buiten de vergaderzalen. Zo was er o.a. een technische excursie naar het Zwitserse satellietgrondstation te Leuk.

Alle lezingen zijn gebundeld in een Symposium Record dat verkrijgbaar is bij dipl.ing. T. Dvorak, ETH Zenter HF, 8092 Zürich, Zwitserland.

A.de Jong

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. T. Bergmans, Plevierstraat 37, Oosterhout N.B.
Ir. B.K. van der Chys, Landsteinerbocht 27, Delft.
Ir. J.T.A. Neessen, Vossenschanslaan 40, Woerden.
Ing. G.A. Pasman, Taludweg 10, Oosterbeek.
Ir. E. Woudstra, Boeroestraat 22, Delft.

Nieuwe leden

Ir. W.H. Havens, Hovenierstraat 22, Delft.
Ph.J. Huis, Meye 55, Bodegraven.
Ir. A.M. Navarro, Heivlinder 13, Leiden.

Nieuwe adressen van leden

W.R.M. Arnoldussen, Oversteweg 13, Hengelo (O.).
Ir. M.A. Bos, Bussumergrintweg 3A, Hilversum.
Ir. J. Dijk, Dracolaan 4, Eindhoven.
Ir. J.N.A.M. van Gils, Lekdijk Oost 1, Beusichem.
Ir. C.J. Hagenbeek, Anne Franklaan 189, Bussum.
Ir. L.J.M. Janssen, Vliet 28, Prinsenbeek.
Ir. H.V.A.M. Maseland, Grunoplantsoen 32, Bunnik.
Ir. H. Mulder, van Slingelandtplantsoen 20, Voorschoten.
Ing. P.J. Nuhoff, Zeewinde 22, Alphen a/d Rijn.
Ir. P. Oosterom, Hogenburg 8, Pijnacker.
Ir. M. Rietveld, Rochussenstraat 77B, Rotterdam.
Ir. S.W.J. Serlé, postbus 222, Heerhugowaard.

Overleden

Ir. D. van den Berg, Fazantplein 14, Den Haag.
Ir. W.P. Jorritsma, Joh. Geradtsweg 50, Hilversum.
Brig.Gen.b.d. J.W.E. Mulder, Hooghei 36, Berlicum N.B.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud deel 42 - nr. 5 - 1977

druk:Het Zuiden Eindhoven